岩盤の弾性波速度と地質

杉本卓司*

Elastic Wave Velocities of Various Rocks in Japan

By Takuji Sugimoto

まえがき

ここに述べる岩盤とは地表を被う第四紀未固結層を除き、更に風化土および風化帯などの表層風化物を取除いた際に露出すると考えられる新鮮な岩盤のことである。

岩盤内を伝播する弾性波縦波速度（以下速度という）は弾性波探査法の確立発展に伴ない急速な進歩があり、ぼう大な測定資料が得られている。これらの測定値については従来から地質単位との対比が個々に行なわれてきた。速度と地質との関係についての多数の資料を整理し、地質学上より系統的に速度を検討することは地質学の定量化の一つの有力な手段であると考えられる。ここでは岩盤速度について地質学との関係の上で殊に特徴ある点について要約して述べることにする。速度値の統計に当り、各地点の測定資料のうちから最頻値の速度をもって、その地点を代表する速度値とした。

1. 各変成帯の速度

わが国の主部広域変成地域は飛驒、三郡、領家—阿武隈、三波川という四つの変成帯に大別されるが、なおこの他に神居古潭変成帯、四万十川変成帯、丹沢変成帯などがある。

各変成帯の速度の平均と標準偏差は図1に示すとおりである。図で明らかなように、阿武隈変成帯が最も大きな値を示している。領家—阿武隈変成帯として類似の変成帯と考えられている領家帯変成岩類が阿武隈帯変成岩類に比して可成り低速度を示している点について、地質構造発達史の上で更に検討する必要があると考えられる。また、阿武隈変成帯は領家変成帯とは類似する点も多いが、領家変成作用とは異質な低温高压型の広域変成作用を受けており、このような変成作用の異質な点が速度値の差となって現われたものと考えられる。

()内は資料数、| は平均値、—— は標準偏差を示す

図1 各変成帯の速度

中生代ないし第三紀の変成帯と考えられている神居古潭変成帯、四万十川変成帯、および丹沢変成帯などの速度は先中生代の変成帯の速度に比較して著しく低い値を示している点が注目される。特に神居古潭変成帯の速度の平均は 4.05 km/sec であり、変成帯の速度としては極めて低い値である。

一般に速度は岩盤を構成する岩石の時代が古くなるに従って大きくなると考えられているが、変成帯についてもある程度同様ことが考えられよう。主として古生層の変成岩から構成される三郡変成帯の速度値の平均は 4.90 km/sec であり、これを越える平均速度値をもつ飛驒変成帯、三波川変成帯、および阿武隈変成帯などは日本列島の基盤岩（後期古生代の本州地向斜の基盤岩）に属する可能性が強いと考えられる。三波川変成帯の中でも点紋帯は速度値が大きく（6.0 km/sec）、日本列島の基盤岩に属する可能性は更に大きいものと考えられる。

2. 花崗岩類の速度

花崗岩類の速度は図2に示すように、一般に古期のもの程大きな値を示し、新期のもの程小さな値を示している。阿武隈古期花崗岩類や飛驒系の花崗岩類は大きな速度値をもち、中生代末ないし第三紀にかけての貫入と

* 日本物理探鉱株式会社

()内は資料数, | は平均値, — は標準偏差を示す

図2 花崗岩類の速度

考えられている日高岩石区, 西南日本外帯, およびグリーンタフ岩石区の花崗岩類の速度値は小さい。

第三紀花崗岩類の速度に認められる特徴は先第三紀の花崗岩類と同様な高速度をもつ地域もあるが, また低速度地域も可成りの分布を示している。これは第三紀の花崗岩類が岩相の変化に富み, 特に周縁部では細粒閃緑岩, 閃緑斑岩, 花崗斑岩, 石英斑岩などに, ときに流紋岩, 石英安山岩などに漸移し, 熱水変質が著しく黄鉄鉱に鉱染されているためと考えられ, いわゆる火山～深成作用 (volcanoplutonism) によって形成された複合体であることによるものと考えられる。

3. 各構造帯における変成岩類と花崗岩類の速度値の近似性について

飛驒帯, 阿武隈帯, 日高帯, および領家帯における変成岩類の速度値の平均と, 花崗岩類の速度値の平均とは表1, および図3に示すように極めて類似していることが認められる。すなわち, 各構造帯における変成岩類の速度値にはそれぞれ著しい差異が認められ, また花崗岩類の速度値にもそれぞれ著しい差異が認められる。しかし, 一つの構造帯に属する変成岩と花崗岩の速度値には岩質の相違にもかかわらず, その平均値において全く同一に近い値が得られている。

表1 各構造帯における変成岩類と花崗岩類の速度値の近似性

構造帯	岩盤速度の平均 (km/sec)	
	変成岩類	花崗岩類
阿武隈帯	5.26	5.21
飛驒帯	4.98	5.00
領家帯	4.77	4.74
日高帯	4.58	4.63

—— 変成岩類の速度 ——— 花崗岩類の速度

図3 各構造帯における変成岩類と花崗岩類の速度の近似性

一つの構造帯における花崗岩類と変成岩類の類似性は, その構造帯における広範な花崗岩化作用 (granitization) によって, 花崗岩類が変成岩類の形成に密接な関係をもつものと考えられる。以上に示す花崗岩類の速度値のうち, 飛驒帯では先シルリア紀の飛驒系花崗岩類の速度値であり, 阿武隈帯および領家帯では古期花崗岩類の速度値であり, いずれも新期花崗岩類と変成岩類とはその速度値において類似性は認められない。

4. 古生層の速度

わが国の古生層を北上帯, 足尾帯, 飛驒・丹波帯, 秩父帯, および中国非変成帯に大別して各帯の速度値を示したものが図4である。図より明らかなように, 北上帯の速度値が大きく, 足尾帯および飛驒・丹波帯の速度値が小さい。このような速度の差は地層の堆積環境が大きい要素を占めるものと考えられる。石炭紀後期～二畳紀中期における本州変動により本州地域が大規模に沈降したが, 足尾帯および飛驒・丹波帯はその地向斜のほぼ中央部に位置し, 典型的な地向斜堆積物によって構成されている。これに対し北上帯の二畳系は上昇地域に接した変動陸棚ないしは島棚状の, 火山活動に乏しい地帯の

()内は資料数, | は平均値, — は標準偏差を示す

図4 古生層各帯の速度

堆積物で、いわゆる劣地向斜帯に相当する。典型的な地向斜地域では堆積物に占める粘板岩の割合が大きく、その速度が著しく低い (4.18 km/sec) 点が特徴とされ、平均速度の値が低下する結果になったものと考えられる。

5. 中生層の速度

中生代における地質区は堆積環境にもとづいて、大洋側の地向斜堆積地域と、本州・四国・九州の主部を占める盆地状堆積地域に大別される。前者は四万十区、日高区、北上外縁帯と呼ばれ、後者は一括して本州区と称せられる。

中生層の速度値は 図 5 に示すように、本州区の中では速度の平均が内側、中軸部、外側ともに 4.2~4.3 km/sec の値をもち大きな差は認められないが、大洋側の地向斜堆積地域では、四万十区の速度の平均が 4.4 km/sec 北上外縁帯が 4.6 km/sec、日高区が 3.8 km/sec であり、可成りの速度差が認められる。特に、北上外縁帯の岩石は日高区のものと同程度類似し、砂岩、粘板岩、チャート、および輝緑凝灰岩などより構成されているが、速度値の上では大きな差が認められる。

古生層の速度と堆積環境との関係にみられるように、中生層においても大洋側の地向斜堆積地域では一般に速度値が大きく、盆地状地向斜堆積地域では一般に速度値が小さい。しかし、北海道の日高区の中生層は大洋側の地向斜堆積地域とされているが著しく低速度を示している。あるいは日高地向斜は大洋側の地向斜よりもむしろ盆地状地向斜の性質をより強くもつものとも考えられ、今後更に検討を要する問題である。

()内は資料数、| は平均値、— は標準偏差を示す

図 5 中生層各区の速度

6. 古第三紀層の速度

古第三紀の堆積岩は層相によって大きく 2 つのタイプにわけられる。1 つは四万十区によって代表され、純海

()内は資料数、| は平均値、— は標準偏差を示す

図 6 古第三紀層の速度

成相からなり、1 つは北海道、九州、および本州の炭田地域によって代表されるものであって、炭層を挟む海成・非海成相からなるものである。

図 6 に示すように四万十区の古第三系速度の平均は 4.0 km/sec であり、同じ四万十区の中生層の速度に比較して可成り低速度であることが認められる。

炭田地域の古第三系速度の平均は 3.1 km/sec であり、四万十区の古第三系に比較すれば、更に著しく低い値となっている。四万十区の堆積岩の速度値が大きいのは、堆積環境が大洋側の地向斜をなし純海成相からなるということが大きな要素を占めるものと考えられる。これに対し、炭田地域の速度値が小さいのは、その堆積環境が内湾部の浅海底であったためであると考えられる。

7. 新第三紀層の速度

新第三系は内帯と外帯の 2 つの特徴ある型にわけることができる。内帯は火山物質を表としたグリーンタフ地域に相当し、外帯は非火山性の物質を主とし、非グリーンタフ地域に相当する。ここでは非グリーンタフ地域の堆積岩の速度につき時代別に検討することにする。

図 7 に示すように中新統下部および中新統中部の速度値の平均はそれぞれ 2.46 km/sec および 2.45 km/sec であり、殆んど差異が認められない。中新統上部の速度値の平均は 2.21 km/sec でやや小さな値となっており、更に鮮新統では 1.99 km/sec となり、可成り小さい値となっている。このように堆積岩の年代が新しくなるに従って速度の低下が認められる点は古生層および中生層の堆積岩にも認められる点である。

以上の各統の速度の平均には宮崎層群と熊野層群を除いて計算してある。図 7 に示すように宮崎層群および熊野層群は新第三紀の堆積岩としては可成り大きな速度値をもっている。これら両層群は四万十帯中に半盆状をなして分布し、それぞれ古第三系の日南層群および牟婁層群と斜交不整合をなす。このように四万十帯の古第三

図 7 新第三紀層 (非グリーンタフ地域) の速度

紀と中新世前期との間には造構時階があったが、宮崎層群および熊野層群が新第三紀層の速度値として可成り大きい値をもつことは四万十区の堆積環境が引続いて新第三紀にも及んだもので、堆積環境に大きな変化がなかったものと考えられる。

ま と め

以上に述べたことについて更に要約すれば次のとおりである。

同一構造帯に属する変成岩類と花崗岩類との速度値がほぼ一致することは、深成作用と変成作用が進み岩相の変化が著しくなっても、速度そのものには増減が殆んど認められないということであり、各構造帯は深成岩類、変成岩類、あるいは堆積岩類と合せて一つの独立したブロックを形成するということができる。北上および阿武隈構造帯の速度は著しく高い点が特徴であり、北海道の日高および神居古潭構造帯の速度は著しく低い点の特徴である。各構造帯には独自の速度が認められるが、この速度の差がどのような機構によって生じたものであるか更に検討を要する問題である。

堆積岩類の速度はその堆積環境によって著しく変化すると考えられる。一般に大洋側の地向斜堆積地域では速度値が大きく、盆地状堆積地域では速度値が小さい点が

認められる。このような堆積環境によってどのように速度が変わっているかについては、更に堆積岩生成後の地殻変動との関連において十分な究明がなされなければならない。

参 考 文 献

- 1) 島津康男 (1968): 地質学と地球物理学, 日本の地質学
- 2) 市川浩一郎・藤田至則・島津光夫 (1970): 日本列島地質構造発達史, 築地書館
- 3) 湊正雄・井尻正二 (1969): 日本列島, 岩波書店
- 4) 柴田秀賢 (1968): 日本岩石誌 I, II, III, IV, 朝倉書店
- 5) 生出慶司・折本左千夫 (1966): Volcano-Plutonic Complex としての Tertiary Granitoids, 東北日本のグリーンタフ変動 (地団研専報 12)
- 6) 鈴木淑夫 (1958): 北上山地の酸性深成岩類, 鈴木醇教授還暦記念論文集
- 7) 服部保正 (1962): 屈折波走時曲線の解析法についての研究, 地質工学 2
- 8) 杉本卓司 (1972): 四国中央脊梁山地における結晶片岩の岩盤速度と地質構造, 地質工学 8
- 9) 浅野周三 (1971): 日本列島の地殻構造の爆破地震学的研究, 島弧と縁海
- 10) 市川金徳 (1968): 水沢周辺地震探査について, UMP-A 帯連絡紙 No. 9
- 11) Masao GORAI (1963): Some relations between the

- distribution of crustal thickness and fundamental geologic structure of Japanese Islands. Geophysical papers dedicated to prof. Kenzo SASSA
- 12) TAMAKI, I. (1961): Seismicity in relation to the crust structure, with special reference to Japanese area, MemOsaka Inst. Technology, Ser. A, 7
- 13) MATUZAWA, T. (1959): On the crustal structure in northeast Japan by explosion seismic observations of the second Hokoda explosion, Bull. Earthq. Res. Inst. 37
- 14) MATUZAWA, T. et al (1959): On the crustal structure derived from observations of the second Hokoda explosion, Bull. Earthq. Res. Inst. 37