

## 関東山地秩父帯炭酸塩岩の地球化学的研究

岡井 貴司\*

OKAI Takashi(1993) Geochemical study of carbonate rocks in Chichibu Belt from Kanto Mountains of Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 44(6) p. 351-365, 4fig., 4tab.

**Abstract:** Six major and seven minor chemical components of 107 carbonate samples collected from the 1000km<sup>2</sup> Chichibu belt of the Kanto Mountains, Japan, have been determined.

While the majority of samples were low Mg limestones(MgO<2%), some high Mg limestones(2%<MgO<10%) were sampled from the Hanno(4 samples), Hikawa(1 sample) and Nippara(1 sample) districts. Dolomites from the Hanno(5 samples) and Nippara(2 samples) districts were also analyzed. Most of the limestone samples have a CaO content of more than 53%, indicating very high purity of the carbonate.

The average P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content in low Mg limestones(93 samples) is 0.036%, similar to the average of other Japanese limestones (0.042%; Fujinuki 1983). However, one apatite-bearing sample from Isama district contains 2.91% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A negative correlation between Sr and Mg is shown in both high Mg limestone and dolomite samples, due to the dolomitization of limestone. However, in low Mg limestones, Sr content was higher in younger samples, and showed positive correlation with Mg in the southern zone of the Chichibu belt. These un-dolomitized samples, it is possible that Mg and Sr displayed the same geochemical behavior during diagenesis; both might have been progressively removed from calcite with time.

The Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content in these limestone samples is likely supplied by clastics. On the assumption that the chemical composition of these clastics was the same as average continental crust, the relations between Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and other detrital components were examined. SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ti, Mn and K display excess concentration. This means there were other, perhaps biological and carbonate, sources for the chemical components besides the clastics. Na content of the samples was much lower than that of recent carbonate sediments, suggesting removal from the carbonates during diagenesis.

### 要 旨

関東山地秩父帯炭酸塩岩について, 主・微量13成分の定量を行い, 地球化学的検討を行った。

炭酸塩岩は大部分良質の低Mg石灰岩であったが, 飯能・日原地区にドロマイトが存在し, 日原地区ドロマイトはMgO含有量が平均19%を越え高品位であった。Srは石灰岩に比べドロマイトで低い値を示し, ドロマイト及び高Mg石灰岩においてMgOとSr含有量は負相関したことから, ドロマイト化によりSrは減少することが示された。一方, 南帯の低Mg石灰岩ではMgOとSr含有量は正相関する。高Mgカルサイトが開放的環境でカルサイトに

転移する際, MgはSrと同様に炭酸塩から放出されることが指摘されていることから, ドロマイト化を伴わない続成作用ではMgとSrが類似の地球化学的挙動を示す可能性が考えられる。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含有量は低Mg石灰岩の平均が0.036%であり, 日本の石灰岩の平均0.042%と同程度であった。石間地区に2.91%と高い値を示す試料が存在したが, X線回折によりりん灰石の存在が確認された。碎屑物の化学組成が地殻の組成に等しいと仮定して, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と他成分の関係を検討した結果, SiO<sub>2</sub>については珪藻等の生物濃縮, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Mnについては炭酸塩鉱物の存在など, 碎屑物以外の供給源の存在が示唆された。また, Naは続成過程を通じてそのほとんどが炭酸塩より除去されると

\* 地殻化学部

Keywords: carbonate geochemistry, carbonate rocks, Kanto Mountains, Chichibu Belt, minor components.

考えられた。

## 1. 緒言

石灰岩は数多くの鉱産資源中、現在わが国で唯一自給できる鉱産物であり、セメントを始め幅広く利用されている。関東山地は首都東京に近いこともあり、古くから地質学的研究が行われるとともに、各種鉱山の開発も進められてきた。石灰岩についても秩父地域を中心に今世紀初めから開発が行われ、一部小規模の鉱山で閉鎖されたものがあるものの、その後も順次新たな鉱山の開発が進み、現在では秩父から飯能、奥多摩へまたがる地域及び群馬県南部において大小数多くの鉱山で石灰岩の採掘が行われている。しかし、首都圏に含まれる地域であるため、近年大規模鉱山については山の景観変貌や粉塵公害を伴うことを理由に、自然環境保護による開発規制が問題となっており(大森ほか, 1986)、新たな開発は予断を許さない状況ではあるが、わが国にとって重要な石灰岩地帯であることに違いはない。

通商産業省では昭和37年度より国内鉄鋼原料開発調査を行い、鉄鋼副原料調査として石灰岩・ドロマイトの調査が行われた。この中で、関東山地の一部の炭酸塩岩地域においても調査を行い、その結果は報告されている(忠内・浅倉, 1963; 忠内ほか, 1963; 松本ほか, 1963; 藤本ほか, 1965, 1966; 鈴木ほか, 1966)。しかしながら、大規模岩体であるにもかかわらず、横瀬・日の出・日原等の地区については報告されておらず、また、分析成分も一部の主成分に限定される傾向にある。

本研究では、関東山地における炭酸塩岩類の全容を解明するため、14地区の107試料について従来からの分析方法の他に最近実用化されたICP発光分光法を利用して主・微量13成分を分析し、地球化学的検討を行ったのでその結果を報告する。

## 2. 試料採取地点及び地質概略

関東山地は主に中・古生界より構成され、北東から南西にかけて三波川帯—秩父帯—四万十帯と帯状に配列している。炭酸塩岩は一部四万十帯にも含まれるが、主要岩体はそのほとんどが秩父帯に含まれる。秩父帯は一般に2～3の帯に細分されその境界は必ずしも明瞭ではないが、本報告では猪郷ら(1980)に従い秩父帯を北・中・南の3帯に分けた。

試料はFig 2に示した群馬県南部から埼玉県、東京都北部にかけての14の地区で計107個を採取した。このうち1. 南牧～3. 石間が北帯、4. 影森～10. 五日市が中帯、11. 檜原～14. 日原が南帯に属する。採取した試料のうち石間、

武士平、都幾川、五日市、檜原、栃寄及び氷川地域の試料は主として露頭試料であり、その他の地域は主として採掘中の鉱山の切羽面・坑道からの試料である。

### 2.1 北帯

南牧川上流の南牧地区では、羽沢断層により北部六車層・南部大倉層の2つに分けられ、六車層は主にチャート、大倉層は主に粘板岩・チャート・塩基性火山岩からなる。六車層には青倉の石灰岩塊をはじめ大小の石灰岩レンズ・石灰岩礫岩が含まれ、大倉層にもレンズ状石灰岩が含まれている。年代はフズリナ・サンゴ等の化石から中期石炭紀～二畳紀とされている(藤本ほか, 1957b)。

中里地区は北帯の南縁にあり、石灰岩は大きなレンズ状岩体群が山中地溝帯に沿うように存在する。石灰岩体の南側に主に砂岩からなる蛇木層があり山中地溝帯に接し、北側に北帯の中心をなす万場層・上吉田層が存在し、石灰岩体はこの間に断層によりはさまれている。上吉田層はチャートを多く含むが、このチャート中には多くのマンガン鉱床が含まれている。フズリナ・サンゴ・貝類の化石が見つかるが、フズリナ化石から年代は中・後期石炭紀～中期二畳紀とされる(大森ほか, 1986)。

石間地区は北帯主部のひとつである万場層が分布する。万場層は塩基性火山岩を主体とし粘板岩・チャート及び大小の石灰岩体をはさんでいる。年代はコノドント・フズリナ化石から後期石炭紀～中期二畳紀とされている(大森ほか, 1986)。

### 2.2 中帯

影森・横瀬地区は秩父盆地南の橋立層群中に大規模石灰岩層として含まれ、上部には上影森砂岩角岩層の砂岩・粘板岩・チャート等が、下部には宇遠沢輝緑凝灰岩層及び、一ノ沢角岩層のチャート、緑色珪質板岩が存在する(藤本ほか, 1957a、藤本, 1974)。この地区の石灰岩からは化石が発見されていなかったが、コノドントの研究により年代は後期三畳紀とされている(猪郷, 1972)。

武士平地区は橋立層群の南縁に位置し北西から南東へ浦山断層がはしっている。石灰岩は浦山断層と橋立層群の緑色岩にはさまれて存在しており、断層をはさんで南西側でチャート・含燧頁岩を主とする浦山層群浦山層と接している。年代は付近の貝化石・コノドントより中～後期三畳紀と考えられる(久田, 1984)。

都幾川地区の石灰岩は秩父系の石炭紀～二畳紀と考えられるチャート・砂岩・泥岩等の地層中に存在する。

飯能地区は高麗川流域を中心とし、秩父層群は主にチャート・砂岩・砂岩粘板岩互層からなる。塩基性火山岩

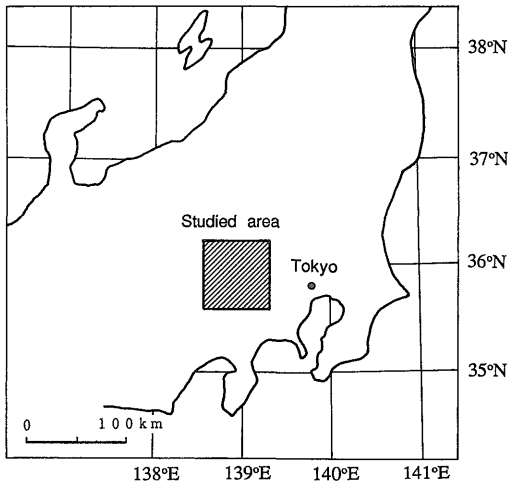


Fig 1 Location map of Kanto Mountains.

も多く含み、石灰岩・石灰岩礫岩を伴っている。年代は主に二畳紀とされているが、一部の層から三畳紀のコノドントが発見されている(猪郷ほか, 1980、大森ほか, 1986)。

日の出・五日市地区は中帯最南部の川井層が分布し、南帯海沢層に接する。川井層は主に含礫泥岩・砂岩・砂岩泥岩互層からなり、チャート・石灰岩を含み、一部塩基性火山岩も存在する。年代は石炭紀～二畳紀を主とするが、三畳系も広く分布する。日の出地区には石灰岩の巨大岩塊が存在し、年代はコノドント等から石炭紀～二畳紀とされるが、五日市地区では鳥ノ巣式石灰岩が分布し年代は後期ジュラ紀とされる(酒井, 1987)。

### 2.3 南 帯

檜原地区は南帯最南部の御前山層が分布し、仏像構造線をはさんで四万十帯小河内層群中山層、盆堀川層に接する。御前山層は主に含礫泥岩・砂岩からなり、泥岩中に

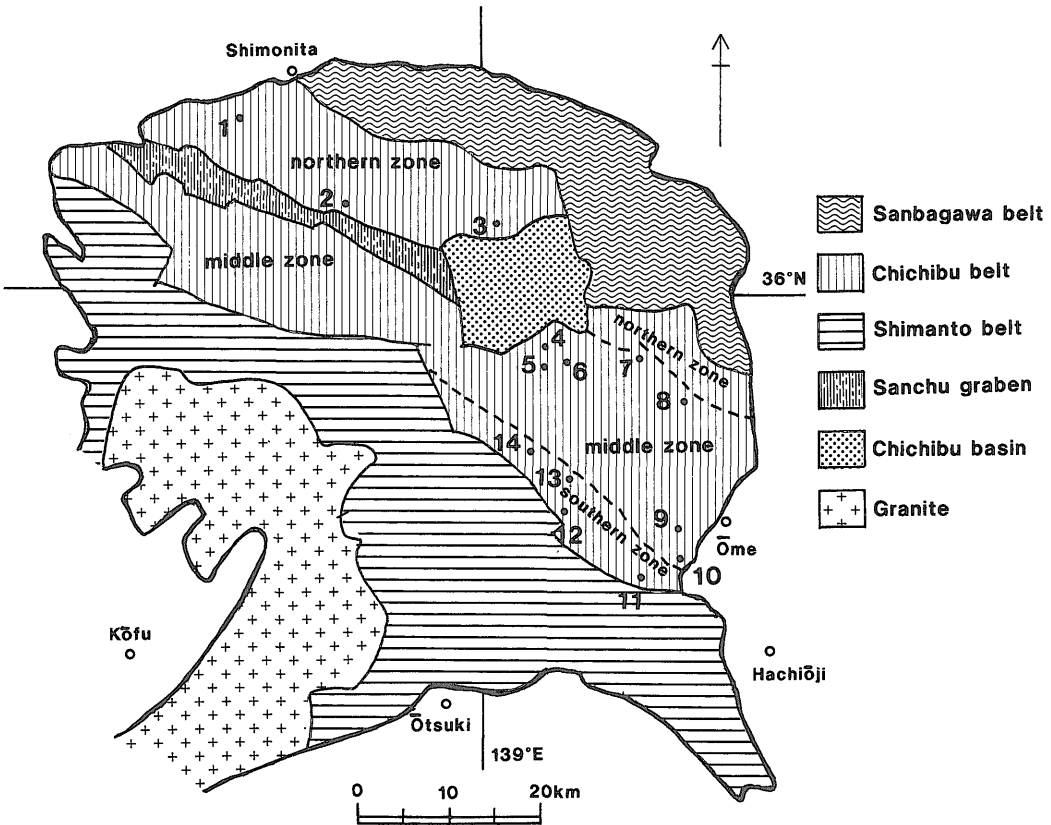


Fig 2 Index map showing the localities of the analyzed samples in Kanto Mountains. (Added and modified after Igo *et al.*, 1980)

1:Nanmoku, 2:Nakazato, 3:Isama, 4:Kagemori, 5:Bushidaira, 6:Yokose, 7:Tokigawa, 8:Hanno, 9:Hinode, 10:Itsukaichi, 11:Hinohara, 12:Tochiyori, 13:Hikawa, 14:Nippara.

石灰岩・チャート・塩基性火山岩を含む。御前山層石灰岩の年代は紡錘虫から二疊紀とされていたが、この地区からは後期三疊紀のコノドントが見ついているため年代は二疊紀～三疊紀とされる(酒井, 1987)。

栃寄地区は檜原地区同様御前山層が分布するが、ここでは北東部の南帯氷川層と南西部の四万十帯中山層に圧迫されるように御前山層が細くくびれたようになっており、石灰岩とチャートの互層が見られる。年代は二疊紀とされるが前述したように三疊系を含む可能性もある。

氷川地区には南帯中部の氷川層が分布し倉沢断層を境に海沢層と接する。氷川層は主に砂岩・泥岩からなり鳥ノ巣式石灰岩・礫岩をはさむ。氷川層の年代はサンゴ・放散虫等の化石よりジュラ紀とされている(酒井, 1987)。

日原地区には浦山層群最南部の日原層が分布し、仏像構造線をはさんで四万十帯中山層に接する。日原層は前述した御前山層につながる。日原層は主に含礫泥岩と巨大な石灰岩塊からなる。年代はフズリナ・コノドント等から石灰岩・二疊紀～三疊・ジュラ紀とされている(大森ほか, 1986、久田, 1984)。

### 3. 分析方法

試料500mgをテフロンピーカーに取り、硝酸5ml・過塩素酸5ml・フッ化水素酸2.5mlを加えて加熱分解し、砂浴上で蒸発乾固させた。これに塩酸(1+1)5mlを加えて加熱溶解し、放冷後水で50mlにし試料溶液とした。この試料溶液を分取し、ICP発光分光法によりMgO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ti、Sr、Ba、Mnを、原子吸光法によりCaO、Zn、Na、Kの各成分を定量した。ICP発光分光法によるMgO、Srの定量は非常に高感度であるため、含有量の多い試料では発光強度が強くなりすぎ、定量が行いにくくなるので、そのような試料では原子吸光法を使用した。また、CaO及びMgO含有量の多い試料中のMgOの定量には、通常EDTA滴定法が用いられるが、操作に時間を要し、多数の試料を迅速に定量するには不向きであるため、今回は原子吸光法を用いたが、正確を期すため一部試料でEDTA滴定法による定量を行い、原子吸光法による結果のチェックを行った。またP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は、含有量が少なくICP発光分光法で定量しにくい試料についてはモリブデン青吸光度法により定量を行った。

SiO<sub>2</sub>の定量は、試料50～200mgを白金るつばに取り、炭酸ナトリウムとホウ酸の3:1混合物1gを加えて100°Cで融解し、塩酸(1+1)5mlに溶解し水で50mlにしたものを試料溶液とし、モリブデン青吸光度法で行った。また、試料中に不純物が多く、酸分解のみでは溶液化が困難な試料についてもCaO、MgO、Na、Kを除きこ

の試料溶液を用いて定量を行った。

### 4. 結果及び考察

採取した107試料について各成分を分析した結果をTable A-1に示した。そして各地区別の平均値を計算した結果をTable 1に、MgO含有量により低Mg石灰岩(MgO<2%)、高Mg石灰岩(2%<MgO<10%)及びドロマイト(MgO>10%)に分け、低Mg石灰岩についてはさらに秩父帯の北・中・南の帯別に分けたそれぞれの平均値をTable 2に、また帯別及び岩種別の各成分間の相関係数を計算した結果をTable 3に示した。北・中帯については相関係数に大きな差がなかったためTable 3には北・中帯をまとめたものを示した。

なお、MgOの定量に関して、本研究で用いた試料の一部について過去にEDTA滴定法及び原子吸光法により定量された結果があり、今回のICP発光分光法及び原子吸光法との比較を行ったところ、低Mg石灰岩について原子吸光法で定量された値とはよく一致したが、EDTA滴定法で定量された値より今回の値は数十%低かった。これは、石灰岩のようにCa含有量の多い岩石試料中の含有量の少ないMgをEDTA滴定法により定量するのは困難であることを示すものであり、ICP発光分光法ないし原子吸光法が適当であることを示している。

#### 4.1 化学組成の地域別特徴

本地域の石灰岩中のCaO含有量は、分析した107試料のうち88試料(82%)で53%を越えており、極めて良質の石灰岩であるといえる。CaO含有量が低いのは、飯能地区のドロマイト(平均33.53%, n=5)及び日原地区のドロマイト(34.06%, n=2)であり、飯能地区ではドロマイト以外の試料でもCaO含有量は低い(Table 1)。

MgO含有量は、日原地区のドロマイトで最も高く、平均19.03%と、ドロマイトとして高品位であった。ついで飯能地区のドロマイト(14.49%)で高い。その他の試料では、飯能地区の4試料と氷川及び日原地区の各1個が2%以上のMgOを含有しており、これらを高Mg石灰岩に分類した。

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量は、飯能、氷川及び五日市地区の試料では平均0.35%以上で高い。他の地区ではいずれも平均0.15%以下で低いが、特に中里地区では0.01%以下の低濃度を示している。SiO<sub>2</sub>は、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と同様に飯能、氷川及び五日市地区で平均1%以上で高い。栃寄地区では、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は0.1%以下で低いがSiO<sub>2</sub>は平均3.18%で高濃度である。この地区では、しばしば石灰岩とチャートの互層が認められることから、チャートと同じ

Table 1 Average chemical compositions of carbonate rocks.

Locality	Number of samples	(%)												
		CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(ppm)			Zn	Na	K	
								Ti	Sr	Ba	Mn			
Northern zone														
Nanmoku	20	54.79 (0.98)	0.40 (0.34)	0.016 (0.025)	0.014 (0.028)	0.47 (1.05)	0.005 (0.003)	13 (30)	482 (282)	6 (2)	8 (9)	4 (3)	16 (9)	14 (23)
Nakazato	16	55.81 (0.17)	0.19 (0.07)	0.0086 (0.018)	0.009 (0.019)	0.040 (0.043)	0.046 (0.11)	8 (27)	510 (631)	5 (4)	141 (227)	2 (2)	14 (9)	3 (2)
Isama	2	55.27 (0.15)	0.11 (0.05)	0.027 (0.011)	0.066 (0.036)	0.89 (0.98)	1.48 (2.02)	11 (13)	346 (57)	22 (18)	45 (15)	7 (6)	39 (34)	51 (1)
Middle zone														
Kagemori	7	55.01 (0.23)	0.54 (0.26)	0.008 (0.004)	0.012 (0.014)	0.030 (0.024)	0.016 (0.017)	7 (9)	457 (478)	6 (5)	7 (5)	3 (3)	14 (8)	8 (4)
Bushidaira	2	54.85 (0.86)	0.49 (0.05)	0.061 (0.069)	0.11 (0.12)	0.92 (1.03)	0.074 (0.000)	35 (49)	309 (30)	26 (7)	99 (16)	8 (2)	6 (1)	113 (156)
Yokose	17	55.37 (0.26)	0.50 (0.09)	0.041 (0.066)	0.041 (0.070)	0.089 (0.13)	0.011 (0.014)	19 (35)	262 (95)	<1 (0)	34 (50)	1 (1)	7 (6)	10 (14)
Tokigawa	3	55.09 (0.39)	0.29 (0.18)	0.085 (0.045)	0.15 (0.06)	0.55 (0.06)	0.20 (0.15)	115 (106)	329 (117)	11 (4)	103 (38)	6 (2)	39 (21)	113 (74)
Hanno (a)	5	38.53 (2.37)	14.49 (3.06)	0.77 (0.36)	0.79 (0.51)	7.93 (6.37)	0.063 (0.032)	974 (868)	176 (55)	305 (385)	793 (629)	24 (11)	142 (53)	2480 (1570)
Hanno (b)	4	44.11 (2.94)	4.73 (2.70)	1.06 (0.48)	1.36 (0.66)	6.43 (2.02)	0.064 (0.033)	1380 (919)	462 (107)	64 (40)	347 (137)	33 (4)	99 (23)	3230 (1090)
Hinode	11	55.53 (0.11)	0.23 (0.03)	0.015 (0.010)	0.007 (0.005)	0.016 (0.013)	0.093 (0.081)	2 (2)	294 (59)	9 (3)	28 (20)	3 (1)	17 (3)	6 (3)
Itsukaichi	3	49.76 (2.33)	0.65 (0.05)	0.35 (0.26)	0.67 (0.44)	5.43 (2.84)	0.019 (0.000)	154 (102)	886 (196)	28 (13)	138 (86)	7 (4)	1020 (460)	1100 (630)
Southern zone														
Hinohara	3	55.17 (0.33)	0.33 (0.06)	0.037 (0.045)	0.055 (0.058)	0.17 (0.16)	0.017 (0.013)	33 (47)	805 (215)	10 (4)	33 (45)	3 (2)	28 (4)	27 (24)
Tochiyori	4	53.13 (2.42)	0.60 (0.77)	0.048 (0.029)	0.093 (0.066)	3.18 (2.72)	0.038 (0.021)	22 (17)	588 (477)	72 (127)	158 (126)	4 (3)	1590 (3090)	41 (57)
Hikawa	4	51.71 (4.23)	1.41 (2.08)	0.90 (1.39)	0.77 (0.85)	1.35 (0.87)	0.021 (0.000)	464 (785)	461 (74)	32 (13)	421 (535)	10 (5)	432 (573)	1060 (970)
Nippara (a)	2	34.06 (1.62)	19.03 (1.30)	0.053 (0.036)	0.12 (0.09)	0.50 (0.40)	0.049 (0.038)	28 (13)	236 (36)	13 (8)	12 (6)	5 (1)	188 (147)	177 (156)
Nippara (b)	4	54.17 (1.28)	1.10 (1.01)	0.041 (0.014)	0.11 (0.04)	0.63 (0.19)	0.022 (0.021)	23 (8)	556 (225)	16 (8)	14 (6)	16 (15)	101 (37)	188 (57)

(a): Dolomite, (b): Others, ( ): Standard deviation.

Table 2 Average chemical compositions of carbonate rocks classified by MgO content.

	Number of samples	Number of (%)												
		CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	(ppm)							
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ti	Sr	Ba	Mn	Zn	Na	K	
Low Mg Limestone <sup>(a)</sup>														
Northern zone <sup>(d)</sup>	37	55.24	0.30	0.014	0.015	0.31	0.024	11	486	6	66	3	16	11
Middle zone	43	54.91	0.43	0.054	0.082	0.50	0.049	30	352	7	43	3	84	97
Southern zone	13	54.10	0.49	0.080	0.15	1.46	0.027	35	598	36	178	9	643	199
Total <sup>(d)</sup>	93	54.93	0.39	0.041	0.064	0.56	0.036	23	441	11	71	4	134	76
High Mg Limestone <sup>(b)</sup>	6	45.78	4.33	1.21	1.26	4.64	0.047	1200	485	50	256	24	103	2590
Dolomite <sup>(c)</sup>	7	33.68	15.79	0.56	0.60	5.80	0.059	703	193	221	570	19	155	1820
Japanese average(Fujinuki,1983)														
Limestone	3665	53.43	1.00	0.13	0.10	1.90 <sup>(e)</sup>	0.042		443	31			48	129
Dolomite	1060	34.17	17.26	0.32	0.14	1.60 <sup>(e)</sup>	0.068		130	11			158	380

(a): MgO <2%, (b): 2% < MgO <10%, (c): 10% < MgO, (d): Excluding one sample from the Isama district that contains 2.91% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (e): Insoluble matter.

Table 3 Correlation coefficients among the components.

		CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ti	Sr	Ba	Mn	Zn	Na	K
Northern and Middle zone Low Mg Limestone	CaO		-0.536	-0.506	-0.589	-0.879	-0.582	-0.421	-0.310	0.072	-0.545	0.035	-0.443	-0.345
	MgO	-0.458		-0.001	0.029	0.371	0.269	0.053	0.716	-0.073	-0.134	0.151	-0.308	0.014
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.794	0.279		0.973	0.166	-0.110	0.867	-0.123	0.063	0.937	0.103	0.080	0.879
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.832	0.266	0.936		0.280	0.001	0.809	-0.122	-0.057	0.938	0.143	0.211	0.906
	SiO <sub>2</sub>	-0.955	0.323	0.801	0.850		0.692	0.128	0.172	-0.020	0.270	-0.172	0.673	0.057
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.065	-0.153	0.012	0.046	-0.032		-0.249	0.009	-0.205	0.041	0.314	0.543	-0.152
	Ti	-0.619	0.243	0.833	0.827	0.611	0.162		-0.057	0.055	0.713	0.026	-0.018	0.702
	Sr	-0.235	0.041	0.167	0.205	0.207	-0.106	0.105		0.051	-0.238	-0.230	-0.325	-0.152
	Ba	-0.490	0.154	0.337	0.455	0.466	0.279	0.355	0.189		-0.008	-0.101	-0.147	-0.012
	Mn	-0.056	-0.157	0.162	0.172	0.135	0.289	0.128	-0.009	0.114		0.004	0.333	0.763
	Zn	-0.438	0.160	0.397	0.441	0.383	0.173	0.416	0.155	0.493	-0.096		-0.227	0.297
	Na	-0.870	0.229	0.863	0.920	0.878	-0.028	0.632	0.282	0.469	0.173	0.365		-0.019
	K	-0.849	0.233	0.846	0.961	0.872	0.003	0.684	0.251	0.507	0.170	0.420	0.964	
High Mg Limestone	CaO		-0.002	-0.085	0.215	-0.632	-0.374	0.369	-0.038	-0.179	-0.689	0.141	0.245	0.285
	MgO	-0.723		-0.763	-0.666	-0.761	-0.538	-0.595	-0.153	-0.610	-0.638	-0.799	0.143	-0.763
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.253	-0.063		0.915	0.574	0.482	0.808	-0.124	0.575	0.427	0.953	-0.036	0.909
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.395	-0.168	0.850		0.281	0.513	0.973	0.027	0.643	0.103	0.976	0.216	0.978
	SiO <sub>2</sub>	-0.748	0.219	-0.056	0.369		0.566	0.125	0.096	0.497	0.964	0.450	-0.341	0.332
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.369	-0.330	0.139	0.590	0.821		0.469	0.653	0.818	0.429	0.541	0.422	0.477
	Ti	-0.255	-0.421	0.693	0.920	0.445	0.786		0.055	0.667	-0.041	0.926	0.253	0.947
	Sr	0.706	-0.975	0.208	0.215	-0.307	0.253	0.450		0.388	-0.062	0.004	0.544	0.020
	Ba	-0.161	0.247	-0.177	-0.007	0.117	0.108	0.009	-0.323		0.393	0.655	0.034	0.585
	Mn	-0.859	0.818	-0.141	0.039	0.645	0.209	-0.068	-0.864	0.540		0.287	-0.462	0.158
	Zn	-0.642	0.128	-0.076	0.385	0.928	0.859	0.507	-0.231	0.440	0.660		0.123	0.987
	Na	0.167	0.317	-0.629	-0.697	-0.191	-0.550	-0.825	-0.399	-0.322	-0.002	-0.390		0.202
	K	-0.553	0.010	0.443	0.818	0.673	0.776	0.787	-0.070	0.421	0.436	0.779	-0.594	

Southern zone  
Low Mg Limestone

Dolomite

源のSiO<sub>2</sub>の影響を受けている可能性がある。

石灰石・ドロマイトが鉄鋼原料として用いられる場合、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の含有量はできるだけ低いことが望まれる。本地域の低Mg石灰岩93試料中のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含有量は平均0.036%であり、これは日本の石灰岩の平均値0.042% (Table 2)と同程度である。地区別平均値では、南牧、影森、横瀬、五日市及び檜原地区が0.02%以下で特に低値である。一方、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の最高濃度は石間地区の中郷付近で採取した試料で得られ、2.91%を示した (Table A-1)。この試料についてはX線回折による検討を行った結果、りん灰石の存在が確認された。石間から中里地区にかけての山中地溝帯沿いの石灰岩地帯及び埼玉県下の小川町ではP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の含有量が1.16~2.91%の石灰岩が見つかっており (藤本ほか, 1965, 1966, 松本ほか, 1963, 鈴木ほか, 1964)、これら地域の石灰岩は局部的にP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を濃集しているようである。

Ti含有量の平均値は多くの地区で100ppm以下である (Table 1)。最高値は飯能地区の試料で得られ、ここでは9試料中5試料が1000ppm以上である。Tiについては日本の石灰岩についての平均値はまだ与えられていない (Table 2)。これは一般に石灰岩中のTi濃度は100ppm以下と低く、従来の吸光度法、原子吸光法等では十分な感度が得られなかったことも一因で、ICP発光分光法等を用いた、今後のデータの蓄積が必要とされる。

Srに関しては、中里地区の神ヶ原付近で採取した試料が2710ppmで最高値を示したが、これは例外的で他試料は104~1430ppmである。この試料はCaOその他の含有量は同一地区の他試料と比較して顕著な差は認められないので、極めて特異な試料といえる。Sr含有量の地区別平均値は、176~886ppmの範囲内にあり、他の成分に比べて全体としての含有量変化が小さい特徴がある。石灰岩に比べてドロマイトでSr濃度が低値を示す傾向は藤貫 (1983)により指摘されているが、本研究結果でも同様である (Table 2)。

BaはCa等と同じアルカリ土類金属であるが、石灰岩中の含有量は極めて少ない元素である。特に北帯、中帯から採取した低Mg石灰岩中のBa濃度は平均10ppm以下である (Table 2)。飯能地区のドロマイトはBaに富む (平均305ppm) が、藤貫 (1983) によれば、日本のドロマイトにおけるBa含有量の平均値は11ppmで、石灰岩全体の平均値31ppmよりも低い (Table 2)。従って飯能地区のドロマイトがBaに関して特異な含有量を示している可能性があるが、Baについてはこれまでに報告されたデータが少ない (藤貫, 1983) ため今後の検討が必要である。

Mnは、平均7~793ppmの値を示したが、飯能地区と氷

川地区の試料で平均300ppm以上の高濃度を示している。北帯から得られた石灰岩のうちでは、中里地区の試料が平均144ppmで他よりも明らかにMnに富んでいる。藤貫 (1983) によれば、岩手県長岩、栃木県葛生など周辺の地層中にMn鉱床が分布する地区の石灰岩はいずれもMnに富むことが知られている。中里地区周辺に分布する上吉田層のチャート中にも多数のMn鉱床が分布しており、石灰岩中のMn濃度に影響を与えている可能性がある。

Zn含有量は、飯能、氷川及び日原地区でやや高いが、その他はいずれも平均10ppm以下で低い。日本の他地域の石灰岩中Zn濃度は4.1~35.6ppm (藤貫ほか, 1982, 相沢・赤岩, 1987b) で、沖縄及び南大東島の陸源物質に乏しい第四紀石灰岩では1ppm程度 (相沢・赤岩, 1987a, Aizawa and Akaiwa, 1988) で非常に低いことが知られている。

Na, K含有量の地区別平均値は、10ppm以下から1000ppm以上まで大きく変化している (Table 1)。Naに関しては五日市、栃寄の両地区で高濃度を示す傾向があり、特に栃寄地区の栃寄付近で得られた試料は6220ppmの高値を示した。この試料はSiO<sub>2</sub>が5.6%でやや高いが、他の成分については特記すべき特徴はない。X線回折による検討を行ったが、ハライトは検出できなかった。Kは他の多くの成分と同様に飯能地区の試料で高濃度を示し、分析した9試料のうち7試料は2000ppm以上であった。日本の石灰岩、ドロマイトにおけるNa, Kの平均含有量は、両元素とも石灰岩よりもドロマイトに多く含有されるとされているが、本研究結果でも同様の傾向が認められた (Table 2)。

## 4.2 少量・微量成分の地球化学的挙動

### 4.2.1 MgO・Sr

北野 (1990) 及び藤貫 (1983) によれば、大部分のドロマイトは石灰岩が堆積過程や続成過程において海水、地下水及び熱水等と反応し、Caの一部がMgによって置換されることにより生成したと考えられている。一方、炭酸塩岩中のSrは、主としてCaCO<sub>3</sub>の結晶格子中のCaの一部を置換しており、続成過程においてアラゴナイト型結晶 (斜方晶系) からカルサイト型結晶 (六方晶系) への転移が起こる際にSrの大部分は炭酸塩から放出されるとされている。実際に、日本の石灰岩におけるSr含有量は、新生代1000ppm以上、中生代400~800ppm、古生代200~600ppmというように地質時代が古くなるに従って減少する傾向がある (藤貫, 1983)。

本研究で分析した試料中のMgOとSr含有量の関係は Fig. 3 に示した。ドロマイト及び高Mg石灰岩 (MgO>



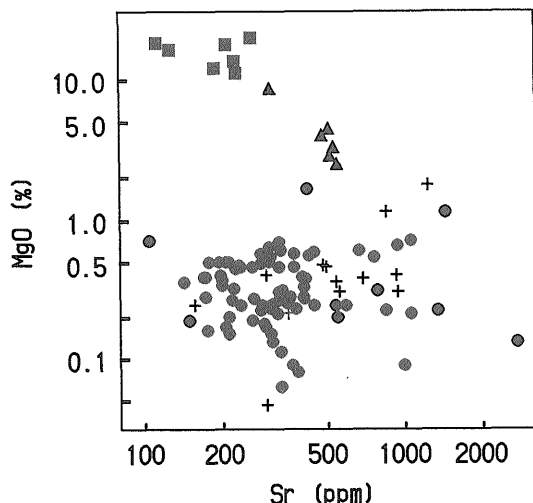


Fig 3 MgO-Sr variation of the studied samples.  
 ■ : dolomite, ▲ : high Mg limestone, ● : northern-middle zone low Mg limestone, + : southern zone low Mg limestone.

2%)のみに注目すると、MgOの増加に従ってSr含有量は減少している(相関係数 $-0.153$ 及び $-0.975$ ; Table 3)。この傾向は嵯朗地区の炭酸塩岩類についても認められており(藤貫, 1983)、ドロマイト化反応でMgが増加するとSrが減少することを示し、ドロマイト化の反応機構を考察する上で重要と思われる。

一方、低Mg石灰岩に関して、北・中帯のものは、MgOとSr含有量の間に関連がほとんどない(相関係数 $0.041$ )のに対し、南帯のものは、正の相関(相関係数 $0.716$ )が存在する(Table 3)。藤貫(1983)は、生物源造礁炭酸塩の藻類や有孔虫などを起源とする高Mgカルサイトは続成作用の過程で安定なカルサイトに転移し、この際開放的環境の場合MgはSrと同様に炭酸塩から放出される可能性を指摘している。従ってドロマイト化に関係しない続成作用ではMgとSrが類似の地球化学的挙動を示すことが考えられ、南帯のものもその一例を示すものかも知れない。これについてはさらに詳細な検討が必要である。

#### 4.2.2 $P_2O_5 \cdot Ba$

$P_2O_5$ 含有量は、低Mg石灰岩(0.036%)よりもドロマイト(0.059%)で高値が得られたが、この傾向は日本の炭酸塩岩の平均値についても認められている(Table 2)。微量の $P_2O_5$ の存在状態は不明であるが、4.1で述べたように高濃度の $P_2O_5$ はりん灰石として含有されている。

Table 3 から明らかなように、 $P_2O_5$ と他成分との相関関係には特記すべき特徴は見られない。これは藤貫(1983)が指摘しているように、 $P_2O_5$ が陰イオン( $PO_4^{3-}$ )を形成するため堆積後の溶解、移動及び濃集等の挙動が複雑で、また一次、二次の供給源が多く、他成分とは異なる地球化学的挙動を示すためと思われる。

Baは、そのイオン半径の大きさからSrと同様にカルサイトよりもアラゴナイトにより多く含有されるとされている(藤貫, 1983)。しかし、BaとSr含有量の間には明らかな正相関は存在しない(Table 3)。また地殻におけるBa/Sr比は $1.13$ (Taylor, 1964)であるが、日本の炭酸塩岩の平均値では $0.07$ (Table 2)でSrに比べて極めて低濃度であるのに対し、海水中でのBa/Sr比は $0.0026$ (Turekian, 1969)であり、これに比べてBaはSrより濃集している。このことは、BaとSrでは、その地球化学的挙動がかなり異なることを示すと思われる。北・中帯ではBaは $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、K等と弱く正相関しており(Table 3)、Ba含有量の多い試料では、粘土鉱物等の不純物の影響が考えられる。しかし、不純物含有量の多い南帯では、北・中帯に比べBa含有量は多いものの、他成分との相関はほとんど見られない。相沢・赤岩(1991)は、北海道嵯朗産炭酸塩岩のBa含有量 $100\text{ppm}$ をこえる試料中からバライト( $BaSO_4$ )を検出しており、南帯についてはバライトの混入も考えられる。いずれにしても、Baについては、これまで簡便で高感度の分析法がなかったこともあって十分な研究は実施されていないので、存在形態等を含めて今後検討を進める予定である。

#### 4.2.3 $Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot Ti \cdot Mn \cdot Na \cdot K$

上記成分のうちFeとMnは炭酸塩鉱物中のCaやMgを置換し得るが、その他の成分は炭酸塩鉱物以外の長石、粘土鉱物、酸化物及び硫化物等として含有されると考えられている。長石や粘土鉱物等の起源としては自生のものも存在するが、主要部分は後背地から供給された碎屑性物質によるとされている(藤貫, 1983)。

$Al_2O_3$ は炭酸塩鉱物に含まれず、しかも生物濃縮等の影響も受けにくいと考えられるため、主として碎屑物によって供給されたと思われる。そこで $Al_2O_3$ と他の6成分がどのような関係にあるかを明らかにするため、Fig. 4を作成した。図中に示した実線はTaylor(1964)による地殻における元素存在量から求めた $Al_2O_3$ と他成分の存在比であり、 $Fe_2O_3$ 、Ti、Mnについて示した点線は、これら成分と $Al_2O_3$ の海水中の存在比(Turekian, 1969)である。

Fig. 4 からわかるように、Na以外の成分はいずれも地

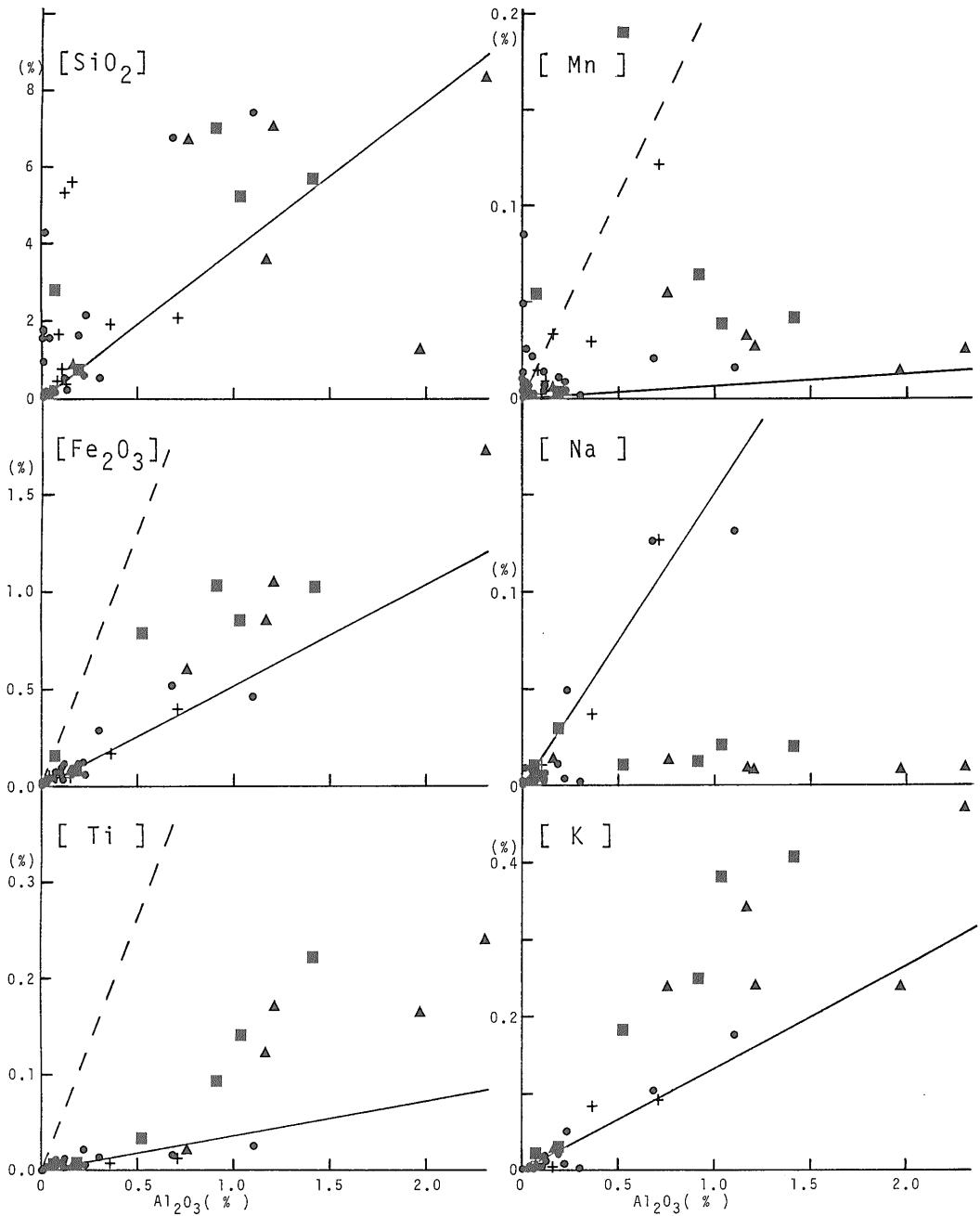


Fig 4 Relationships between  $Al_2O_3$  and other detrital components of the studied samples.  
 ■ : dolomite, ▲ : high Mg limestone, ● : northern-middle zone low Mg limestone, + : southern zone low Mg limestone.  
 Solid line : crustal abundance ratios calculated from the data of Taylor(1964).  
 Broken line : abundance ratios in sea water (Turekian,1969).

殻における存在比よりも  $Al_2O_3$  に乏しい位置にプロットされる傾向がある。特に  $SiO_2$  及び  $Mn$  に関しては、 $Al_2O_3$  が 0.1% 以下であっても高濃度を示す試料があり、この両成分については碎屑性物質以外の供給源が存在することを示唆している。 $SiO_2$  については珪藻等の生物濃縮が、 $Mn$  に関しては炭酸塩鉱物としての存在が考えられ、特に栃寄地区  $SiO_2$  及び中里地区  $Mn$  含有量には、大きな影響を及ぼしている可能性が高い。また、 $Mn$  は南帯で北・中帯に比べ高い含有量を示しているが、南帯では  $Fe_2O_3$  (0.937),  $Al_2O_3$  (0.938) と強い正相関を示しており、ここでは碎屑物の影響が大きいと考えられる。 $Fe_2O_3$ ,  $Ti/Al_2O_3$  比に関しては、地殻における存在比と海水中の存在比の中間にプロットされる試料が多い。

$Na/Al_2O_3$  比については、他の成分とは逆にほとんどの試料が地殻における存在比よりも  $Na$  に乏しい位置にプロットされている。このことは続成過程を通して  $Na$  は炭酸塩岩石から除去される性質があることを示唆しており、実際に現世の各種炭酸塩堆積物には 2000~10000 ppm の  $Na$  が含有される (Milliman, 1974) が、日本の中生代を中心とする炭酸塩岩石における  $Na$  の平均含有量は 200ppm 以下である (Table 2)。

以上の検討から、今後の課題としては、

- 1)  $Sr$  濃度、 $Mg-Sr$  の相関及び碎屑物・その他の混入物の組成の差と、炭酸塩岩の生成環境による初生的組成の違い及び続成作用との関連性の解明。
- 2)  $Ba$  の存在状態、挙動及びドロマイト化との関連性の解明。

を、行っていくことが重要であると考えられる。

## 5. ま と め

関東山地秩父帯の14地区から採取した炭酸塩岩107試料について主・微量元素13元素を分析し、地球化学的検討を行って次の結果を得た。

1) 分析試料の82%に相当する88試料の  $CaO$  含有量は53%以上であり、極めて良質の石灰岩であった。ドロマイトは飯能地区(5試料)及び日原地区(2試料)で見つかったが、ドロマイトとしては日原地区のものが高品位であった。

2)  $P_2O_5$  の含有量は、低  $Mg$  石灰岩93試料の平均が0.036%であり、日本の石灰岩の平均0.042%と同程度であった。地区別平均値では南牧、影森、横瀬、五日市及び檜原が0.02%以下で特に低かった。石間地区には最高2.91%を示す試料があり、リン灰石の存在が確認された。

3) ドロマイト化反応では  $Mg$  の増加に伴って  $Sr$  は減少する傾向がある。しかし、ドロマイト化に関係しない続成

作用では  $Mg$  は  $Sr$  と類似の地球化学的挙動を示し、時代の経過と共に減少する可能性がある。

4) 炭酸塩岩石中の  $Al_2O_3$  がすべて碎屑物として供給され、碎屑物の化学組成が地殻の組成に等しいと仮定して  $Al_2O_3$  と他成分の存在量の関係を検討した結果、 $SiO_2 \cdot Fe_2O_3 \cdot Ti \cdot Mn \cdot K$  については碎屑物以外の供給源の存在を示唆する結果が得られた。

5) 現世の各種炭酸塩堆積物中の  $Na$  含有量は 2000~10000ppm の高濃度を示すが、本研究で分析した試料及び日本の炭酸塩岩石中の  $Na$  含有量の平均値は 200ppm 以下であり、 $Na$  は続成過程を通して炭酸塩岩石から除去されると考えられた。

**謝辞** 本研究を行うにあたり、御指導いただいた地殻化学部寺島 滋技官、粗稿を読んでいただいた伊藤司郎技官、X線回折法を指導していただいた金井 豊技官に深く感謝の意を表します。また、資・試料の収集に便宜をわかっていただいた(社)日本分析化学会藤貫 正氏、バリノサーヴェイ(株)五十嵐俊雄氏並びに、武甲鉱業(株)、秩父鉱業(株)の関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 相沢省一・赤岩英夫 (1987a) 沖縄本島中部に分布する第四紀炭酸塩岩の生成・続成・風化過程における重金属元素の地球化学的挙動。地球化学, vol. 21, p.21-30.
- (1987b) 古生代炭酸塩岩に見られる微量元素元素含量の特徴。地球化学, vol. 21, p.31-37.
- Aizawa, S. and Akaiwa, H. (1988) Geochemical behavior of transition metals during the formation of protodolomite in Minamidaitojima Island, Japan. *Chem. Geol.*, vol. 67, p.275-284.
- 相沢省一・赤岩英夫 (1991) 炭酸塩岩の生成過程におけるバリウムの挙動。日本地球化学会年会講演要旨集 (1991), p.230
- 秩父団体研究グループ (1963) 秩父の地質。地球化学, vol.63, p.13-19.
- 藤本治義 (1974) 関東山地における石灰岩の分布について。石膏と石灰, no.128, p.29-36
- ・小川敬三・肥田浩一 (1957a) 武甲山付近の地質について。秩父自然科学博物館研究報告, vol. 7, p.1-16.
- ・高岡善成・新藤静夫・道祖士博 (1965) 石灰

- 石鉱床調査埼玉県二子山地区, 1964国内鉄鋼原料調査第3報, 通商産業省, p.276-278.
- ・—————・—————・正田幸雄(1966) 石灰石鉱床調査埼玉県白石山地区, 1965 国内鉄鋼原料調査第4報, 通商産業省, p.180-182.
- ・渡部景隆・赤城三郎・飯島 弘・金子史郎・高野 淳・松崎 尚(1957b) 関東山地北西部の地質について, 秩父自然科学博物館研究報告, vol.7, P.17-28.
- 藤貫 正(1968) 石灰岩の地球化学的研究(1) —赤坂石灰岩鉱床における微量元素について—, 地調月報, vol.19, p.603-624
- (1983) 3.石灰石の化学的性質, 石灰石鉱業協会地質小委員会編, 日本の石灰石, 石灰石鉱業協会, p.43-73.
- ・岡野武雄・五十嵐俊雄(1975) 静岡県相良地区石灰岩の地球化学的研究, 地調月報, vol.26, p.243-254.
- ・五十嵐俊雄・細越千恵子(1982) 葛生地区炭酸塩岩石の地球化学的研究, 地調月報, vol.33, p.187-203.
- 久保健一郎(1984) 関東山地南部芦ヶ久保—鴨沢地域の中・古生層, 地質学雑誌, vol.90, p.139-156.
- 猪郷久義(1972) 新しい示準化石—コノドント—, 地学雑誌, vol.81, p.142-151.
- ・菅野三郎・新藤静夫・渡部景隆(1980) 関東地方, 日本の地方地質誌, 朝倉書店, 東京, 493p.
- 北野 康(1990) 炭酸塩中の少量および微量成分含有量, 炭酸塩堆積物の地球化学, 東海大学出版会, 東京, p.69-150
- 松本一郎・忠内龍男・岩瀬陽一・渡辺万完・大木道博(1963) 石灰石鉱床調査群馬県叶山地区, 1962 国内鉄鋼原料調査第1報, 通商産業省, p.327-329
- Milliman, J. D. (1974) Marine carbonates, "Recent sedimentary carbonates" Part 1, p.46-113, Springer-Verlag, Berlin.
- 大森昌衛・端山好和・堀口万吉(1986) 関東地方, 日本の地質, vol.3, 共立出版, 東京, 350p.
- 酒井 彰(1987) 五日市地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質区幅), 地質調査所, 75p.
- 鈴木俊夫・古川政吉・渡辺万完・松本光央(1964) 石灰石鉱床調査埼玉県大河地区, 1963 国内鉄鋼原料調査第2報, 通商産業省, p.322-324.
- ・松本光央・小出義和・正田幸雄・今井忠久(1966) 石灰石鉱床調査群馬県三岩山地区, 1965 国内鉄鋼原料調査第4報, 通商産業省, p.172-173.
- 忠内龍男・浅倉邦夫(1963) 石灰石鉱床調査埼玉県武蔵野鉱山地区, 1962国内鉄鋼原料調査第1報, 通商産業省, p.338-340.
- ・原嶋昭三・浅倉邦夫・松本光央(1963) 石灰石鉱床調査東京都御前山地区, 1962国内鉄鋼原料調査第1報, 通商産業省, p.334-337.
- Taylor, S. R. (1964) The abundance of chemical elements in the continental crust—a new table. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol.28, p.1273-1285.
- Turekian, K. K. (1969) "Handbook of Geochemistry", p.309-311, Springer-Verlag, Berlin.

(受付:1993年1月21日;受理:1993年4月30日)

Table A-1 Analytical results from carbonate rocks in Chichibu Belt from Kanto Mountains.

Sample No.	(% )						(ppm)						
	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ti	Sr	Ba	Mn	Zn	Na	K
Nanmoku-1	55.08	0.22	0.0081	0.004	0.018	0.005	2	1330	5	3	8	10	6
2	54.85	0.27	0.021	0.016	0.053	0.011	5	410	5	14	13	24	18
3	55.23	0.24	0.0056	0.002	0.013	0.002	2	595	6	6	2	9	4
4	55.23	0.21	0.0037	0.002	0.009	0.004	1	1060	5	3	5	10	10
5	54.93	0.28	0.0080	0.007	0.020	0.005	5	364	8	6	5	10	11
6	55.54	0.13	0.0089	0.002	0.018	0.005	2	309	1	32	3	8	3
7	54.77	0.33	0.0064	0.002	0.013	0.007	2	413	4	2	1	11	5
8	54.85	0.31	0.0040	0.001	0.073	0.010	1	341	8	6	4	9	4
9	55.08	0.26	0.11	0.12	0.22	0.008	113	330	4	32	4	37	109
10	55.23	0.32	0.0031	0.002	0.011	0.009	2	222	8	2	3	12	4
11	54.47	0.57	0.019	0.005	1.80	0.004	1	374	5	10	3	14	9
12	55.39	0.22	0.015	0.005	0.020	0.002	3	850	8	6	6	12	7
13	55.70	0.24	0.0046	0.001	0.005	0.001	1	541	4	6	4	11	6
14	55.62	0.23	0.014	0.025	0.046	0.006	5	381	4	20	3	17	11
15	53.85	1.68	0.0051	0.007	0.99	0.007	4	423	8	2	3	20	8
16	54.54	0.49	0.0091	0.011	0.037	0.005	12	302	5	2	2	10	12
17	53.78	0.25	0.0032	0.003	1.59	0.005	2	355	12	3	4	18	9
18	55.08	0.63	0.0063	0.002	0.011	0.003	1	301	5	1	8	12	6
19	55.23	0.39	0.056	0.056	0.11	0.007	88	403	5	6	4	40	13
20	51.25	0.68	0.016	0.016	4.29	0.005	15	327	4	2	3	18	16
-----													
Nakazato-1	55.91	0.062	0.0015	0.000	0.012	0.001	0	336	2	496	0	8	0
2	55.98	0.19	0.0054	0.003	0.020	0.004	1	260	4	36	0	11	0
3	55.68	0.13	0.0000	0.000	0.018	0.001	0	2710	2	4	0	43	5
4	55.70	0.30	0.0039	0.018	0.074	0.008	1	330	5	72	0	22	3
5	55.39	0.31	0.073	0.074	0.15	0.005	107	786	9	26	2	21	4
6	55.90	0.089	0.0013	0.000	0.017	0.003	1	991	5	49	0	13	1
7	55.79	0.21	0.0034	0.000	0.004	0.006	0	323	2	101	3	10	5
8	55.92	0.20	0.0005	0.000	0.030	0.017	0	213	6	72	2	11	3
9	55.79	0.11	0.0031	0.006	0.026	0.16	6	336	5	852	0	13	5
10	55.98	0.15	0.0025	0.000	0.007	0.003	0	211	3	138	1	11	4
11	55.74	0.28	0.015	0.009	0.12	0.007	1	173	6	54	4	19	2
12	55.98	0.16	0.0036	0.000	0.016	0.005	1	174	6	23	5	7	2
13	55.84	0.20	0.0029	0.004	0.049	0.013	0	549	0	39	1	13	2
14	55.88	0.19	0.0037	0.000	0.005	0.004	0	149	0	9	4	8	3
15	55.92	0.17	0.0053	0.009	0.030	0.062	0	206	0	21	1	8	6
16	55.55	0.28	0.013	0.019	0.065	0.44	3	412	17	258	4	12	5
-----													
Isama-1	55.37	0.15	0.035	0.091	0.20	2.91	20	305	34	34	11	63	51
2	55.16	0.079	0.019	0.040	1.58	0.05	1	386	9	55	3	15	50
-----													
Kagemori-1	55.01	0.36	0.0050	0.005	0.017	0.000	1	201	3	4	2	8	13

地質調査所月報 (第 44 卷 第 6 号)

Sample No.	(% )						(ppm)						
	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ti	Sr	Ba	Mn	Zn	Na	K
Kagemori-2	54.94	0.45	0.010	0.009	0.028	0.027	3	234	4	3	6	9	6
3	54.58	1.12	0.014	0.008	0.021	0.046	3	1430	16	16	8	32	10
4	54.94	0.53	0.0079	0.008	0.028	0.009	2	759	5	8	2	16	4
5	55.29	0.35	0.0047	0.003	0.014	0.001	2	142	3	4	2	8	4
6	55.08	0.50	0.012	0.043	0.083	0.007	27	204	5	10	2	14	8
7	55.22	0.47	0.0046	0.007	0.017	0.019	10	230	3	6	2	13	13
Bushidaira-1	55.45	0.45	0.012	0.020	0.19	0.071	0	330	21	88	6	5	2
2	54.24	0.52	0.11	0.19	1.65	0.076	69	288	31	110	9	7	223
Yokose-1	55.59	0.34	0.037	0.013	0.030	0.006	3	199	0	13	0	1	2
2	55.55	0.39	0.013	0.010	0.030	0.005	3	173	0	9	1	4	2
3	55.62	0.39	0.012	0.006	0.018	0.002	2	170	0	6	0	4	2
4	55.44	0.55	0.025	0.033	0.072	0.007	22	428	0	24	0	2	0
5	55.42	0.48	0.0084	0.002	0.011	0.007	1	281	0	40	2	4	2
6	54.54	0.70	0.29	0.30	0.55	0.012	148	104	0	19	4	9	12
7	55.35	0.49	0.019	0.031	0.069	0.019	14	213	0	9	2	7	11
8	55.37	0.49	0.023	0.018	0.047	0.010	25	194	0	15	2	7	10
9	55.45	0.50	0.023	0.018	0.039	0.006	7	178	0	12	2	6	31
10	55.20	0.56	0.026	0.076	0.24	0.062	14	279	0	19	3	10	9
11	55.42	0.51	0.020	0.019	0.043	0.010	8	290	0	12	2	7	5
12	55.54	0.44	0.017	0.006	0.020	0.007	1	224	0	16	2	24	8
13	55.21	0.60	0.034	0.038	0.073	0.008	25	332	0	29	0	5	5
14	55.06	0.46	0.083	0.052	0.14	0.006	37	260	0	70	0	15	56
15	55.57	0.53	0.011	0.001	0.008	0.005	1	304	0	29	0	5	4
16	55.54	0.45	0.023	0.016	0.028	0.006	3	376	1	39	1	4	5
17	55.34	0.59	0.038	0.053	0.095	0.007	16	450	0	216	0	4	4
Tokigawa-1	55.23	0.38	0.10	0.11	0.52	0.040	95	419	15	145	5	20	53
2	54.65	0.40	0.12	0.22	0.62	0.33	230	196	11	91	8	37	91
3	55.39	0.088	0.034	0.12	0.51	0.23	20	371	7	73	6	61	195
Hanno(a)-1	30.52	11.34	0.79	0.52	18.99	0.095	333	229	513	1897	22	95	1810
2	33.53	18.63	0.15	0.074	2.79	0.028	17	113	12	636	7	102	202
3	36.82	12.25	0.85	1.03	5.19	0.051	1400	187	64	383	31	206	3840
4	34.50	13.62	1.02	1.41	5.70	0.10	2200	226	387	413	36	193	4040
5	32.27	16.61	1.03	0.91	6.96	0.042	918	126	48	635	25	113	2490
Hanno(b)-1	40.31	8.72	0.60	0.76	6.72	0.026	206	304	59	547	29	131	2390
2	44.09	2.89	1.73	2.31	8.36	0.10	2390	522	37	250	38	97	4700
3	44.57	3.33	1.05	1.21	7.05	0.082	1710	536	37	266	34	81	2420
4	47.48	3.99	0.85	1.17	3.59	0.048	1220	485	121	323	30	85	3400
Hinode-1	55.65	0.23	0.020	0.017	0.046	0.044	2	307	8	43	2	19	6
2	55.50	0.24	0.040	0.005	0.010	0.009	1	448	5	82	3	16	7

## 関東山地秩父帯炭酸塩岩の地球化学的研究 (岡井貴司)

Sample No.	(%)						(ppm)						
	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ti	Sr	Ba	Mn	Zn	Na	K
Hinode-3	55.57	0.24	0.016	0.008	0.010	0.098	5	304	7	19	4	18	5
4	55.54	0.26	0.012	0.005	0.010	0.009	1	217	6	13	5	17	5
5	55.56	0.24	0.0091	0.005	0.010	0.010	3	286	10	18	3	16	5
6	55.39	0.27	0.0062	0.002	0.010	0.14	1	263	15	8	3	23	9
7	55.76	0.17	0.011	0.003	0.010	0.21	1	293	6	22	2	13	5
8	55.42	0.25	0.016	0.013	0.036	0.048	5	315	13	32	3	17	11
9	55.51	0.24	0.0070	0.005	0.010	0.240	1	234	8	25	3	16	3
10	55.46	0.22	0.0082	0.004	0.010	0.14	1	281	8	20	3	19	9
11	55.42	0.18	0.015	0.006	0.010	0.074	1	289	9	27	2	15	3
-----													
Itsukaichi-1	48.34	0.70	0.47	1.10	7.40	0.017	255	1050	25	168	11	1310	1760
2	48.49	0.66	0.52	0.68	6.71	0.025	156	940	16	204	7	1260	1040
3	52.45	0.60	0.055	0.23	2.17	0.016	51	669	42	41	3	490	503
-----													
Hinohara-1	54.94	0.40	0.018	0.036	0.15	0.032	10	919	7	6	4	33	35
2	55.01	0.30	0.088	0.12	0.35	0.006	87	557	14	85	4	25	47
3	55.55	0.30	0.0039	0.008	0.024	0.014	1	940	8	8	0	26	0
-----													
Tochiyori-1	50.31	1.74	0.057	0.12	5.33	0.053	37	1220	11	37	6	22	31
2	52.08	0.046	0.040	0.16	5.60	0.059	17	293	2	334	0	6220	3
3	55.79	0.24	0.014	0.005	0.11	0.021	1	155	14	121	4	10	7
4	54.34	0.38	0.082	0.088	1.68	0.019	34	685	262	140	5	120	124
-----													
Hikawa-1	51.39	0.45	0.40	0.71	2.06	0.024	113	499	25	1210	10	1260	919
2	53.87	0.47	0.17	0.36	1.91	0.022	62	480	23	289	16	366	839
3	45.93	4.52	2.97	1.97	1.28	0.017	1640	512	28	140	9	86	2400
4	55.64	0.21	0.060	0.041	0.14	0.022	40	352	50	46	5	14	90
-----													
Nippara(a)-1	32.91	19.95	0.078	0.18	0.78	0.075	37	261	18	16	6	292	287
2	35.20	18.11	0.027	0.058	0.21	0.022	18	210	7	7	4	84	66
-----													
Nippara(b)-1	54.86	0.40	0.029	0.074	0.46	0.052	12	294	7	23	37	110	129
2	52.27	2.52	0.061	0.16	0.86	0.008	32	548	15	12	6	139	257
3	54.55	1.13	0.039	0.10	0.49	0.021	24	843	26	10	15	50	210
4	55.01	0.35	0.034	0.10	0.71	0.007	22	540	14	10	4	107	155

CaO in Nanmoku, Kagemori, Tokigawa, Hanno, Hinode, Itsukaichi, Hikawa and Nippara were determined by Tadashi Fujinuki.