

資 料

552.5(47) : 54 : 551.24(09)

造構造運動史と関連性のある Russkii Plate-forme 地帯の堆積岩の組成について

A. P. Vinogradov, A. B. Ronov

小 西 善 治 訳

地質学では、20億年から30億年にわたる地球の存在期間の間に起こった地殻の物質的構成の生成と発達との様式に関する重要な地球化学的問題が問題となってきた。岩石中における化学的要素の規則的の分布に関する問題および時間的にみた陸と海との間の物質バランスの問題は現在実験室で解決されている。結晶片岩における化学元素の不規則分布の原因、最古期堆積岩の生成の初成材料となつた地球上の物質の特性およびその他の類似の問題は、大地塊の堆積岩組成を詳細に研究しなければ明らかにならないであろう。

この問題を明確に促えるには、Plate-forme 地帯と地向斜地帯の堆積岩の比較研究と造構造運動史と関連性のある堆積岩の主要型（粘土、砂および炭酸塩）に基づいて地層層序の構成の研究を行うことが必要である。

本論文での研究対象となつた Russkii Plate-forme 地帯には 原生代から現世に至るまでの全地質時代にわたる堆積物からなり、その面積は 600万 km²、堆積岩の容積は 7,500 万 m³ に達し、時間的には、堆積岩の化学的変化には規則的傾向が認められる。したがつて他の Plate-forme 地域と対比すれば、地質年代における組成変化の一般的特徴、すなわち沈積物質と沈積物からなる堆積岩の発達史を読み取ることができるであろう。

本論文は先カンブリア界にまでおろされたボーリング孔から採取されたコアについて行われたものである。採取岩石試料の分析結果によると、“岩石学”的にみて同年代の地層を構成する岩石の化学的組成は一定していない。すなわち地層を構成する重要な成分は地層ごとに著しい変化を示す。この変化は比較的短い時間層序の岩石組成の化学的変化を研究するときにはきわめて興味がある。しかし世、紀を特色づける大時間層序では、短時間層序で認められた組成変化の一般的傾向は認められなくなる。したがつて層序を構成する岩石層間の量的関係を考慮に入れて、系、世、統の平均試料を求めた。標準試料として各層から 100 g を取り、採取された各層を代表する試料の重量 (G) は、この層の厚さ (h) と全層厚 (H) — 時間層序を表わす — に厳密に比例するようにとつた。これを 100% で表わすと次のようになる。

$$G = \frac{h \cdot 100}{H} g$$

本研究は 6 カ年にわたつて行われたものである。試料は、8847 のコア総試料から 198 の炭酸塩質岩石層の平均試料を、6804 の粘土試料から 252 の粘土質層の平均試料を 3709 の砂岩および淤泥岩から、158 の砂岩層の平均試料をそれぞれ求め各試料について地球化学的研究を行った。第 1, 2, 3 表には、系、統、階にわたる試料の分布状態が示されてある。第 1 表には、種々の地質年代における炭酸塩質岩石の 8351 試料の組成が附加されてある。第 1 図（印刷省略）には、試料の採取箇所が示されてある。この図には、Russkii Plate-forme 地帯とその周辺の地向斜帯との境界面もあげられている。

炭酸塩質岩石の化学的組成の発達史 (evolution)

Russkii Plate-forme 地帯では、炭酸塩質岩石は全層序にわたつてみられるが、量的には著し

Виноградов, А. П. и А. Б. Ронов: Состав осадочных пород Русской платформы в связи с историей ее тектонических движений, Геохимия, No. 6, p. 3-24, 1956.

第1表 炭酸塩質岩

系・統・階	平均試料の化学分析値										
	試料数	総採取試料数	不溶性残渣	R ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Sr	Ba	Th (B 10 ⁻⁴ %)	U (B 10 ⁻⁴ %)
震旦系	8	20	11.60	0.37	27.10	19.60	0.04	0.0033	0.0012	He onp.	He onp.
カンプリヤ系	—	—	—	—	—	—	—	He onp.	He onp.	He onp.	He onp.
オルドビス系	6	293	21.33	1.53	33.61	7.88	0.08	0.0067	0.0093	4.9	2.0
上部シルル系	4	177	19.94	2.07	35.61	7.19	1.79	0.0490	0.0240	4.2	2.7
シルル系	10	470	20.80	1.75	34.41	7.60	0.76	0.0173	0.0130	4.6	2.3
中部デボン系	15	297	18.46	1.34	33.74	8.05	5.45	0.0400	0.0153	2.3	1.2
Famenskii階	37	2245	13.61	1.00	41.61	4.00	0.70	0.0280	0.0051	3.7	1.3
Famenskii階	31	1963	8.00	0.37	36.68	11.54	8.69	0.0730	0.0036	2.2	1.3
上部デボン系	68	4208	11.05	0.71	39.36	7.44	4.34	0.0454	0.0044	3.0	1.3
デボン系	83	4505	12.39	0.83	38.34	7.55	4.55	0.0447	0.0056	2.8	1.6
下部石炭系	26	814	4.83	0.16	40.68	10.52	2.26	0.0403	0.0005	1.3	2.3
中上部石炭系	24	1229	7.30	0.28	40.25	9.27	1.56	0.0226	0.0016	1.2	2.7
上部石炭系	14	520	2.12	0.12	37.37	13.21	6.06	0.0129	0.0019	1.0	3.4
下部二疊系	64	2563	5.17	0.19	39.79	10.64	2.83	0.0252	0.0014	1.2	2.7
二疊系	17	922	4.86	0.20	34.82	12.49	14.17	0.0863	0.0019	1.0	2.4
上部二疊系	4	66	13.04	0.83	39.28	7.33	1.26	0.0150	0.0067	1.8	5.4
古生界	21	988	6.42	0.32	35.67	11.50	11.67	0.0790	0.0029	1.3	3.3
ジュラ系	178	8526	9.56	0.59	38.33	9.13	4.56	0.0400	0.0042	2.2	2.1
下部白堊系	2	25	35.20	9.65	27.10	4.60	0.21	0.0192	0.0086	4.7	2.3
白堊系	1	14	12.60	0.78	45.80	1.80	0.28	0.0280	0.0050	2.0	2.8
上部白堊系	6	161	14.20	0.70	46.40	0.40	0.17	0.0826	0.0094	2.7	1.6
中生界	7	175	14.00	0.71	46.30	0.60	0.21	0.0735	0.0087	2.5	1.9
中生界	9	200	18.71	2.70	42.00	1.49	0.21	0.0614	0.0087	3.3	2.0
新生界	3	101	49.00	2.55	24.00	0.70	0.22	0.1500	0.0220	7.1	3.6
第3新	3	101	49.00	2.55	24.00	0.70	0.22	0.1500	0.0220	He onp.	He onp.
分析総数	198	8847	10.66	0.71	37.83	9.08	4.11	0.0447	0.0047	2.4	2.1
階・統の平均含有量	198	8847	10.66	0.71	37.83	9.08	4.11	0.0477	0.0047	2.4	2.1
系	198	8847	10.66	0.71	37.83	9.08	4.11	0.0477	0.0047	2.4	2.1

い変化を示す。例えば、陸源性地層 (Tatarsk 統, 上部ジュラ) 中では少なく, 例えば上部白堊系, 上部石炭系等では, きわめて厚く, ほとんど全地層層序が炭酸塩質岩石から構成されている。この種岩石 (他の岩石) の沈積量は様々で, 時間に正比例しない。

堆積岩の容積変化をみると, 炭酸塩質岩石の絶対量が Plate-forme の全堆積層の容積のほとんど半分を占めている (47.5%)。古生界中における炭酸塩質岩石類は主として石灰岩と白雲石で代表される。中生界・新生界中では, 炭酸塩質岩石類の分布度は古生界よりも劣るが, 最も多量に分布するものは白堊と泥灰岩であつて, 石灰岩と白雲石は少ない。この時代には炭酸塩質岩石の含有量は比較的多くなく, 全堆積物量の20%を超えない。したがつてカレドニア, ヘルシンキ変動期の Russkii Plate-forme の堆積物は主として炭酸塩質の特性をもつておりとするならば, アルプス期には, 岩相の変化を示し, 陸源性堆積物が優勢となる。すなわち古生界の絶対堆積量は, 白堊紀, 新生代の堆積量の約4倍になる。

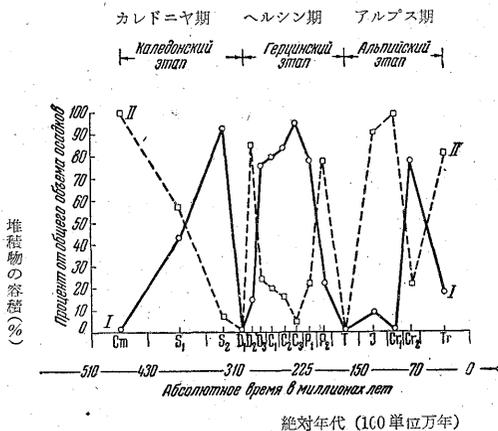
Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石と陸源性岩石の分布は, 時間的にみれば, 偶然的に起こつたものでなく, 規則的に, かつ周期的に繰り返された特性を示している。3造山運動期 (カレドニア・ヘルシンキ・アルプス) には, 岩石累系の (岩相) 断続的交代が現われている (第2図)。各期は Plate-forme の隆起の前期・後期と区別される。すなわち隆起期では, それ以前に生成した地層の侵蝕過程が堆積過程に卓越しているからである。

長い地質年代にわたつて, 周期的に生成された Russkii Plate-forme の堆積物は, highest order の地殻の変動の場合のように, 比較的短い地質年代の間に起こつた岩石の周期的交代で

石の平均化学成分

単位 %

発表データの分析値														発表データの分析値 および選択平均試料 の分析値の算術平均値		
CaO		MgO		Fe ₂ O ₃		Al ₂ O ₃		R ₂ O ₃		SiO ₂		SO ₃		CaO	MgO	SO ₂
総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値			
10	29,87	10	21,24	10	0,76	—	—	—	—	10	1,92	—	—	28,48	20,42	0,04
16	34,00	16	11,53	12	3,48	12	1,41	15	4,58	13	7,54	1	0,32	34,00	11,53	0,32
398	34,72	398	9,16	160	5,11	104	3,09	211	3,41	189	9,34	24	0,30	34,16	8,52	0,25
14	43,40	14	7,55	3	0,11	—	—	5	1,21	3	1,93	2	0,22	39,50	7,37	1,00
412	35,01	412	9,10	163	5,02	104	3,09	216	3,36	192	9,22	26	0,29	34,71	8,35	0,52
97	30,78	97	8,40	18	3,16	18	4,48	70	2,86	18	19,98	46	4,25	32,26	8,22	4,85
497	42,42	497	4,26	69	2,48	68	3,65	112	3,24	93	8,35	47	0,35	42,01	4,13	0,52
151	37,37	151	8,77	30	1,22	28	2,09	31	3,67	31	10,70	34	1,88	37,02	10,15	5,03
871	39,39	870	6,19	133	2,10	132	3,54	189	3,96	159	11,70	135	1,53	39,37	6,81	2,93
1040	38,88	1038	6,52	175	2,11	170	3,54	291	3,66	204	10,23	196	2,28	38,61	7,03	3,41
1157	47,18	1103	4,83	408	1,53	318	0,66	666	1,13	529	2,70	530	0,72	43,93	7,67	1,99
1411	43,18	1359	7,55	337	1,02	282	1,98	684	1,65	598	5,69	483	1,30	41,71	8,41	1,43
946	39,04	945	12,42	65	1,06	66	3,25	626	2,28	97	6,76	755	3,76	38,20	12,81	4,91
3815	44,18	3661	7,75	878	1,28	720	1,47	2211	1,63	1404	4,26	1926	2,09	41,98	9,19	2,46
988	35,79	988	9,50	3	3,66	2	0,63	655	1,12	48	6,38	917	6,86	35,30	11,00	10,51
1488	37,86	1484	8,55	56	1,54	53	2,99	1050	4,84	285	13,64	1043	2,33	38,57	7,94	1,80
2593	35,50	2584	8,78	104	1,52	101	3,02	1798	3,38	379	10,60	1985	4,40	35,58	10,14	8,03
7876	40,12	7711	8,01	1332	13,04	1007	2,08	4531	2,55	2192	6,36	4134	3,19	39,22	8,57	3,87
4	24,57	4	1,12	3	12,66	2	8,80	4	11,79	2	46,66	2	0,07	25,83	2,86	0,14
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,80	1,80	0,28
266	45,00	166	0,60	66	1,29	83	2,51	215	3,64	199	17,51	48	0,35	45,70	0,50	0,26
266	45,00	166	0,60	66	1,29	83	2,51	215	3,64	199	17,51	48	0,35	45,65	0,60	0,28
270	44,70	170	0,61	69	1,78	85	2,66	219	3,79	201	17,80	50	0,34	43,35	1,05	0,27
176	45,68	145	1,74	65	1,13	46	2,16	128	3,39	114	13,58	68	0,21	34,84	1,22	0,21
19	50,32	19	0,82	7	1,00	4	0,58	13	1,53	15	3,08	7	0,24	50,32	0,82	0,24
195	46,14	164	1,63	72	1,11	50	2,04	141	3,22	129	12,36	75	0,22	35,07	1,16	0,22
7636	40,78	7396	7,90	1312	2,17	1086	2,16	4485	2,78	2214	8,53	4016	3,21	39,30	8,80	3,66
8351	40,50	8050	7,74	1483	2,09	1242	2,24	4894	2,74	2448	8,17	4268	3,10	39,16	8,62	3,60



第2図 Plate-forme 地帯のカレドニヤ・ヘルシン期・アルプス期の堆積系における炭酸塩質岩と碎屑岩の%含有量の変化を示す。カンブリア紀とシルル紀のデータは Plate-forme の北西部のデータによる。

複雑化されている。原生界の終期からの大輪廻数—海退・海進期に対応する—は、12~13回に達している。小堆積輪廻の堆積構造は、種々の岩相が繰り返されている点からみて大堆積輪廻のそれと同様に周期性を現わしている。しかし小堆積輪廻の周期性は、大堆積輪廻の周期性に比較して、輪廻中の1時階の堆積の場的位置によって、不明瞭に、ときにはきわめて明確に現われる。Russkii Plate-forme に隣接する地帯では、輪廻の中間時階(堆積階梯)に激しい侵蝕作用を蒙り、著しく低地化した。Plate-forme 地帯でも、それと関連して噴出産物に富む碎屑岩石類の低地への搬入が弱化した。

炭酸塩質岩石の平均試料は、第1

第2表 Russkii Plate-forme の平均化学成分 (選択平均試料の分析値)

系・統・階	試料数	総採取 試料数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	CO ₂	灼熱減量 [*]	総計	10 ⁻¹ %		10 ⁻³ %		
															Th	U	Co	Ni	Cu
震旦系	17	765	58,21	18,34	8,37	0,88	0,55	2,26	3,96	0,76	0,11	1,17	5,65	100,26	13,7	4,4	2,0	1,5	4,8
カンブリヤ系	14	436	60,36	17,83	6,71	0,84	0,83	2,17	4,82	0,49	0,15	0,70	5,03	99,93	13,2	3,7	1,6	2,5	5,9
オルドビス系	8	198	43,77	11,82	5,25	0,64	12,82	3,40	3,95	0,79	0,16	11,13	6,21	99,94	10,1	3,2	1,2	1,3	2,9
ゴトランド系	6	531	49,58	12,62	5,46	0,60	8,99	4,99	4,42	0,69	0,15	7,37	5,38	100,25	9,5	3,5	2,4	1,0	8,5
シルル系	14	729	46,24	12,16	5,34	0,62	11,18	4,08	4,15	0,75	0,15	9,52	5,85	100,04	9,9	3,3	1,4	1,2	4,0
中部デボン系	41	822	49,93	16,26	6,69	0,80	5,79	3,89	3,55	0,60	0,50	5,61	6,29	99,91	10,5	3,9	1,0	1,5	3,3
Famenskii 階	41	1433	46,48	14,52	6,99	1,02	10,92	2,55	3,54	0,58	0,16	8,77	4,80	100,33	10,1	4,4	1,1	1,6	3,9
Famenskii 階	9	253	40,01	11,18	5,15	0,57	11,87	6,42	4,15	0,64	6,62	7,99	5,13	99,73	9,9	3,2	1,3	3,0	4,9
上部デボン系	53	1721	45,34	14,02	6,59	0,93	10,94	3,33	3,65	0,59	1,47	8,48	4,89	100,23	10,2	4,1	1,1	1,9	4,1
デボン系	94	2543	47,34	15,00	6,64	0,87	8,69	3,58	3,61	0,59	1,05	7,23	5,50	100,10	10,4	4,0	1,1	1,7	3,7
下部石炭系	17	267	54,09	18,49	6,39	0,99	2,99	1,53	2,61	0,53	0,53	2,47	9,73	100,35	14,2	5,9	0,8	1,8	2,0
中部石炭系	19	241	50,99	16,11	6,62	0,70	5,64	4,16	5,00	0,73	0,11	5,59	4,61	100,26	12,7	5,0	1,0	3,8	2,9
石炭系	36	508	52,45	17,24	6,51	0,84	4,32	2,92	3,87	0,63	0,31	4,12	7,04	100,25	13,8	5,5	0,9	2,9	2,5
上部二畳系	27	708	42,48	11,22	5,65	0,55	13,24	5,81	2,71	1,31	1,60	11,52	3,99	100,08	7,7	3,5	0,9	2,8	3,0
二畳系	28	730	42,97	11,45	5,78	0,57	12,94	5,67	2,71	1,30	1,55	11,34	3,90	100,18	7,7	3,5	0,9	2,8	3,0
古生界	203	5720	49,38	15,21	6,56	0,80	7,41	3,57	3,68	0,72	0,78	6,44	5,56	100,11	11,0	4,1	1,0	2,3	3,4
三畳系	4	121	57,40	14,72	6,12	0,71	10,10	3,68	2,29	1,03	0,09	7,42	3,73	100,63	10,0	4,1	1,4	3,6	4,0
ジュラ系	16	328	55,12	16,55	6,24	0,77	4,78	1,98	3,12	1,40	0,15	3,69	6,03	99,83	14,0	3,4	1,1	2,3	3,4
下部白堊系	8	183	58,24	18,76	6,54	0,86	1,65	1,92	2,64	1,34	0,24	0,94	6,85	99,98	10,0	4,1	1,3	2,2	3,3
上部白堊系	4	72	51,52	10,49	4,61	0,50	13,46	1,55	1,98	1,15	0,01	11,33	3,08	99,68	10,1	4,0	0,7	1,4	2,8
白堊系	12	255	56,09	16,00	5,90	0,74	5,59	1,80	2,42	1,28	0,17	4,40	5,60	99,99	10,0	4,1	1,1	1,9	3,1
中生界	32	704	54,94	16,11	6,09	0,75	5,81	2,12	2,76	1,31	0,15	4,42	5,58	100,04	12,1	3,7	1,1	2,3	3,4
第三系	12	352	57,10	11,59	6,14	0,59	7,25	2,16	2,32	1,18	0,32	5,69	5,67	100,01	8,6	4,3	0,8	1,5	2,8
第四系	5	28	59,65	13,54	5,97	0,67	4,93	3,07	3,15	0,74	0,00	4,06	4,31	100,09	11,2	4,9	0,6	1,3	1,7
新生界	17	380	57,85	12,16	6,09	0,62	6,57	2,42	2,56	1,05	2,22	5,21	5,27	100,02	9,4	4,5	0,7	1,4	2,5
分析総数	252	6804	50,65	15,10	6,47	0,78	7,19	3,31	3,49	0,81	0,63	6,10	5,58	100,11	11,0	4,1	1,1	2,2	3,5

* このうちには有機物質・結晶水・吸着水・ハロゲン物質・硫化物を含む

第 3 表 砂の平均化学的組成

系・統・階	試料数	総採取 試料数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	CO ₂	灼熱減量*	総 計
震 且 系	14	551	73.90	10.28	4.83	0.61	0.93	1.56	2.88	0.75	0.12	0.86	2.95	99.67
カンブリヤ系	13	251	78.02	8.82	3.62	0.54	1.02	1.04	2.21	0.57	0.09	1.32	2.42	99.67
オルドビス系	2	133	52.79	9.73	6.34	0.46	10.04	3.86	2.16	1.21	0.29	9.55	3.28	99.71
ゴトランド系	1	5	66.58	1.96	3.52	0.15	12.51	1.19	1.30	0.62	0.04	9.53	1.18	98.58
シルル系	3	138	57.39	7.14	5.40	0.36	10.86	2.97	1.88	1.01	0.21	9.54	2.58	99.34
中部デボン系	31	829	73.50	7.21	4.31	0.70	2.86	2.05	1.76	0.28	0.43	3.75	2.97	99.82
Famenskii 階	26	725	77.74	7.69	5.16	0.70	1.06	0.91	1.87	0.37	0.04	1.53	2.72	99.79
Famenskii 階	6	110	71.21	7.40	3.75	0.51	3.92	2.22	2.57	0.33	1.50	4.06	2.43	99.90
上部デボン系	32	835	76.51	7.64	4.89	0.66	1.60	1.15	2.00	0.37	0.31	2.01	2.67	99.81
デボン系	63	1664	75.03	6.42	4.60	0.68	2.22	1.60	1.88	0.32	0.37	2.86	2.82	99.80
下部石炭系	13	111	76.41	6.46	3.09	0.50	3.71	0.85	0.89	0.28	0.77	2.89	3.74	99.59
中部石炭系	8	73	55.73	12.72	4.66	0.61	7.83	2.50	4.55	0.75	0.09	7.51	2.59	99.54
石炭系	21	184	68.53	8.84	4.69	0.57	5.28	1.48	2.29	0.46	0.51	4.65	3.30	99.60
上部二畳系	16	564	45.71	8.96	4.12	0.39	13.97	5.29	1.89	1.17	3.98	11.04	3.18	99.70
二畳系	16	564	45.71	8.96	4.12	0.39	13.97	5.29	1.89	1.17	3.98	11.04	3.18	99.70
古生界	130	3352	70.14	8.28	4.34	0.60	4.10	2.03	2.09	0.54	0.78	3.94	2.91	99.75
三畳系	1	9	59.63	8.78	4.54	0.44	11.35	1.45	4.26	0.00	0.00	6.46	4.14	100.05
ジュラ系	8	67	63.61	8.75	5.88	0.46	6.99	1.54	1.84	1.09	0.15	5.83	3.54	99.68
下部白堊系	9	114	73.03	8.72	6.72	0.56	1.49	1.13	1.76	0.67	0.52	1.72	3.93	100.05
上部白堊系	5	46	70.16	5.54	4.14	0.36	7.10	1.12	1.92	0.76	0.26	4.80	3.38	99.54
白堊系	14	160	72.00	7.58	5.80	0.49	3.49	1.13	1.82	0.70	0.43	2.82	3.73	99.99
中生界	23	236	68.54	7.80	5.77	0.48	5.05	1.29	1.93	0.81	0.31	4.02	3.70	99.70
第三系	3	93	74.64	8.03	4.26	0.52	2.72	1.29	1.74	0.68	0.38	1.64	3.60	99.50
第四系	2	28	70.46	6.87	2.88	0.38	7.00	2.07	2.50	0.53	0.00	5.36	1.95	100.00
新生界	5	121	72.97	7.56	3.71	0.46	4.43	1.60	2.05	0.62	0.23	3.13	2.98	99.74
分析総数	158	3709	70.00	8.22	4.53	0.58	4.25	1.89	2.06	0.58	0.69	3.87	3.02	99.69

* このうちには有機物質・結晶水・吸着水・ハロゲン物質・硫化物を含む

第4表 炭酸塩質岩石・粘土・砂中の重要化学成分の含有量と堆積岩の平均組成
(Clark, Hougén & Vinogradov)

	試料数	総採取 試料数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	SO ₃
Menson の補正した Clark のデータによる石灰岩の平均組成	1	345	5,19	0,06	0,81	0,54	7,89	42,57	0,05	0,33	41,54	0,05
Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石	198	8847	8,17	—	2,24	2,09	8,62	39,16	—	—	37,15	3,60
Clark のデータによる粘土の平均組成	1	78	58,10	0,65	15,40	6,47	2,44	3,11	1,30	3,24	2,63	0,64
Plate-forme. 粘土の平均成分	252	6804	50,65	0,78	15,10	6,47	3,31	7,19	0,81	3,49	6,10	0,63
Hougén のノールウェー第四紀の水成粘土	96試料の平均分析値		59,19	0,79	15,82	7,34	3,30	3,07	2,05	3,93	—	—
Menson の補正した Clark のデータによる砂の平均成分	1	253	78,63	0,25	4,77	1,37	1,16	5,50	0,45	1,31	5,03	0,07
Plate-forme の砂	158	3709	70,00	0,58	8,22	4,53	1,89	4,25	0,58	2,06	3,87	0,69
Menson の補正した Clark による堆積岩の平均組成*	3	676	57,95	0,57	13,39	5,55	2,65	5,89	1,13	2,86	5,38	0,54
Plate-forme の堆積岩の平均組成**	198	8847	34,24	0,37	7,65	4,01	5,55	21,80	0,38	2,06	20,41	2,05

* 頁岩 82% 砂岩 12% 石灰岩 6% ** 粘土 33% 砂岩 19% 炭酸塩質岩石 47.5%

表に示してあるように CaO・MgO・CO₂・SO₃・Sr₁・Ba・Th・U・R₂O₃ 不溶性残渣について研究が行われた。第1表に掲げられてある炭酸塩質岩石中の SiO₂・Al₂O₃・F₂O₃ の含有量は文献中から引用した。

第1表は、表からみられるように、下部シルル紀・デボン紀・石炭紀・2疊紀・上部白堊紀・第三紀の炭酸塩質岩石の最も完全な分析データである。したがってデータが増加しても成分の値自体は変わらないことが考えられる。石炭紀・ジュラ紀・白堊紀前期および第四紀の炭酸塩質岩石のデータはきわめて少ない。したがってこの時代の平均成分は若干変ることが想像される。しかし Russkii Plate-forme 地域では、この種岩石の存在量はきわめて少ないので、既採取地域の地層からサンプリングを繰り返す以外には、分析値を著しく増すことは考えられないであろう。

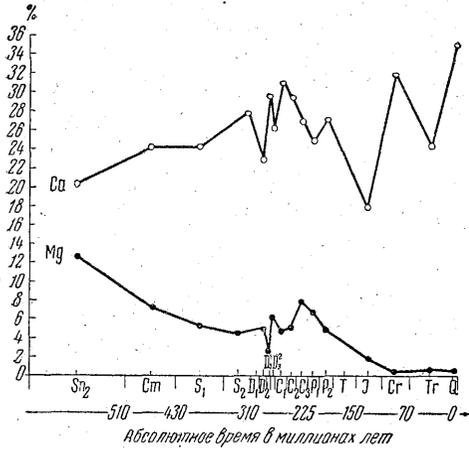
Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石の平均化学的組成と clark 数(註1)とを比較すると次のことを示している(第4表参照)。

Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石は、clark 数よりも著しく多量の珪酸アルミナ・酸化鉄・硫酸塩を含み、CaO, CO₂ が若干少なく、陸源性混在物質(mixed matter)に基づく“高不純度”(higher impurity)を示している。

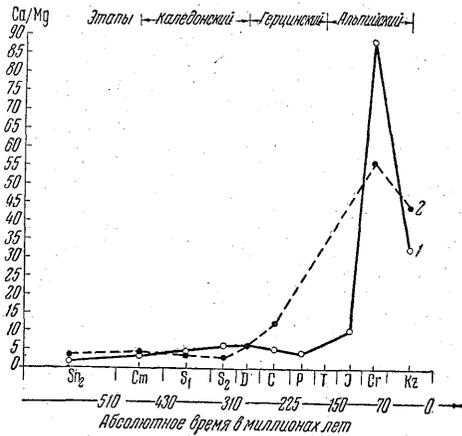
次に炭酸塩質岩石の重要な化学的要素 Mg と Ca との時間変移曲線を求めると(第3図)、次のような現象が認められる(2次変化を除去する)。炭酸塩質岩石中の Ca 量は原生代(20,35%)から第四紀(35,9%)まで、ほとんど2倍近く増大している。しかし Mg 量は同一地質年代にほとんど1/3(0,51~12,63%)に近い著しい減少を示している。したがって、Russkii Plate-forme 地域では、1909年に Daly(註1)が初めて認めた炭酸塩質岩石中における Mg 含有量の定方向性減少がみられる。いま Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石の Ca/Mg 比曲線と、Daly の北アメリカ大陸の類似曲線(853の分析値)と対比すると、炭酸塩質岩石

訳註 1) Fersman の導入した術語で、abundance of element と同意語に使用されている。

註 1) Daly, R. A.: First calciferous fossils and the evolution of the limestones, Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 20, April, 1909



100 万年単位での時間的変化
 第3図 Plate-forme 地域の炭酸塩質岩石中の平均 Ca, Mg 含有量の時間的変移曲線
 7,600 の分析データと 8,847 の平均試料から求められた 198 の分析値による



第4図 Plate-forme 地域と北アメリカにおける炭酸塩質岩石の Ca/Mg 比の時間的変移曲線
 単位 100 万年

の化学的発展史 (chemical evolution) に平行関係が認められる。したがって古期堆積岩中の Mg 量が時間的に減少することは、全地球上における共通の現象であることが考えられる。両曲線を見ると Ca/Mg 比は全原生代を通じて緩慢に増加するが、白堊紀の初期には飛躍的に増大し、古生代古期の海盆地域における炭酸塩の生成条件に根本的な変化が起こったことを物語っている。

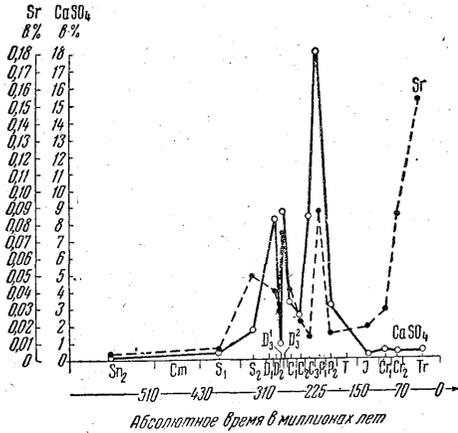
著者はこの一般的な傾向を基礎において、各造山運動期における炭酸塩質岩石の Mg 含有量の周期的変化を追跡している。カレドニヤ、ヘルシンキ、アルプス変革期の初期には、Mg の含有量は最高 (第4図曲線のピーク、第1表) に達し、中期には減少を (カレドニヤ S、ヘルシンキ D₁、C₁、C₂、アルプス Sr) 示し、終期にはふたたび増大している。Ca 含有量は Mg と反対の周期的変動を示している (第3図参照)。この現象から次のことが考えられる。すなわち種々の生成年代の炭酸塩質岩石中の化学的元素にみられる相関関係は、堆積物が海盆底で地質時代に経過した——堆積物が堆積岩に転移するまで——地球化学的過程をきわめて高い精度で近似的に反映している。

炭酸塩質岩石中できわめて特異な分布を示す元素は Sr である。海水中における Sr の地球化学についてはよく知られている。Sr は Mg と同様に海水中に蓄積されているから、岩石および海水中における Ca/Sr の比は異なっている。Sr は、プラクトンおよびある種の有機物質 (aragonite 中にみられる) の石灰質骨格に蓄積されるか、または、Ca CO₃ とともに海塩のハロゲン化によって沈積するがときには硬石膏および石膏とともに、直接沈積して炭酸塩質堆積物中に吸蔵される。

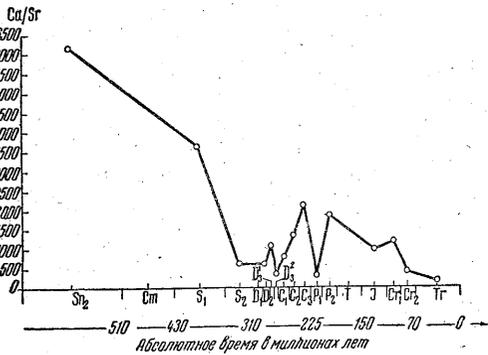
炭酸塩質岩石中における Sr の含有量 (第5図) をみると、次の現象がみられる。

(1) Sr の極大値はファミンヌ階 (Famennian stage)、二疊紀前期、第三紀に対応している (上部シルル紀にも増大するようであるが、さらに資料を求めて確認する必要がある)。

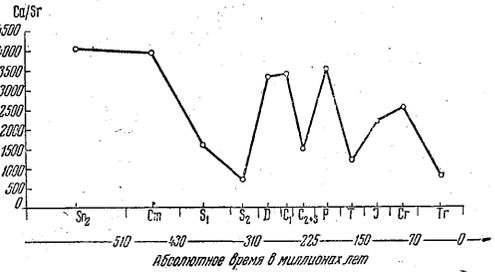
(2) ファミンヌ階 b₃ と下部二疊紀 P₁ とにおける Sr の極大値は、炭酸塩質岩石における Ca SO₄ の極大含有量とよく対応している。Sr と Ca SO₄ 含有曲線の一般的傾向をみると、原生界および古生界後期には Ca SO₄ の含有量がきわめて少なく、Sr の含有量もこれに対応して少ない。古生代の前期と中期には、Ca SO₄ の存在量と Sr とともに増加するが、白堊紀初期には Ca SO₄ と Sr との含有量の変化は平行関係を失い、喰い違った動きを示す。すなわち炭酸塩中における Ca SO₄ と Sr との平均存在量の動きは 事実において似ていないばかり



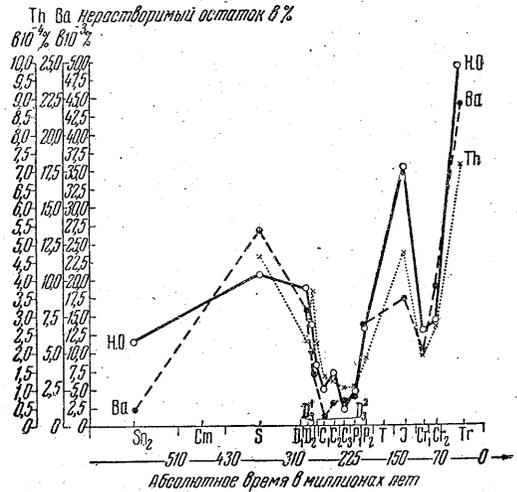
第 5 図 CaSO₄ と Sr の平均含有量の時間的変移曲線
3,659 試料から求められた平均試料 97 の分析値
単位 100 万年



第 6 図 Plate-forme の炭酸塩質岩石における
Ca/Sr 比の時間的変移曲線
3,563 試料から求められた平均試料 94 の分析値



第 7 図 北米大陸の炭酸塩質岩石における Ca/Sr の
時間的変移曲線 151 の分析値による。
単位 100 万年



第 8 図 炭酸塩質岩石における Ba, Th および不溶性
残渣の平均含有量の時間的変移曲線
Ba は 3,530 試料から求められた平均試料 90 の分析値
Th は 5,475 試料から求められた平均試料 128 の分析値

りか、Sr の含有量はかつてないほどの増大を示す。この変化の定方向性は Ca/Sr 比の変化についてみればよく理解できる。変移曲線は原生界から第三紀にかけて規則的に、かつ漸次的に横座標に近づき、炭酸塩質は Sr によつてほとんど 50 倍近く富化される。

類似の傾向はアメリカの炭酸塩質岩石についても確かめられている。Kulp, Boyd の資料註 2) によつて、炭酸塩質岩石中の Sr/Ca 曲線を求めると第 7 図のようになる。この変移曲線は 2 次的オーダー (second order) の周期性変動によつて著しく複雑化しているが、炭酸塩は原生界から新生界にかけて Sr で繰り返し富化 (enrich) されたことを示している。

海水中の Ba の地球化学は Sr の地球化学と異なっている。海水、とくに SO₄²⁻ の含有量の高い海水の中では Ba は Sr の 1/250 以下である。第 8 図には炭酸塩質岩石中における Ba と不溶性残渣 (陸源性混在物質) との時間的変移曲線とが示されてある。粘土質物質の存在量が増加すると、炭酸塩質岩石中の Ba の含有百分率が増大し、反対に不溶性残渣の含有量の減少に伴つて Ba の存在量自体が減少する傾向がある。このような現象は、炭酸塩質岩石中における Ba の主要部分がケイ酸アルミニウム (粘土質) と結合していることを示している。第 8 図をみると Ba と不溶性残渣との最大含有量は、陸源性堆積物の極大発達期・造山運動期 (D₂, P₂, j, Tr) の初期と終期と時間的に一致している。しかしこの成分の最低含有量は、へ

註 2) Kulp, J. L., Turekian, K. & Boyd, D. W.: Stroncium content of limestones and fossils, Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 63, No. 7, 1952

ルシンキ (C-P₁) 期とアルプス (Cr) 期との中間期にあたっている。

トリウムも、生物圏では Ba と同様に不溶性化合物を形成し、海水中におけるトリウムの溶存量は、火成岩中の含有量に比較して1万分以下である。第8図には、炭酸塩岩中における Ba と不溶性残渣との時間的変移が示してある。

トリウムと、不溶性残渣との変移はこの図からみられるように、平行関係を示すから、Russkii Plate-forme 地域のトリウムの主要部分は不溶性残渣中に濃集し、共生鉱物 (不溶性残渣 Clay) とともに減少する。このような現象は、Ba について述べたように、トリウムの存在量の周期性変移を物語るものである。すなわちトリウムの最大存在量は、ヘルシンキ (D₃P₂)、アルプスと Tr 造山運動期の初期と終期に生成された炭酸塩質地層中でみられ、中期 (C-P₁ ヘルシンキ, Cr アルプス造山運動期) に生成された炭酸塩質地層中では、トリウムの含有量は、不溶性残渣の減少と平行的に最低値となる。

砂および淤泥の化学組成の発達史 註 3)

砂質層および淤泥層の平均存在量 (Plate-forme) は粘土の 1/2 以下であつて、総容積の 19.5% にあたっている。砂質層の厚さは古期瀕海地帯で増大し、古期堆積盆地の中央部で減少している。

Russkii Plate-forme の砂・淤泥は、海成・瀕海成堆積物中で卓越している。しかし陸源性堆積物、例えば湖成・沖積地成・デルタ成堆積物中でもきわめて多量に含まれている。

砂・淤泥中では主として比重の軽い物質からなるが、比重の重い鉱物は普通 1% 以下である。砂質岩石は鉱物組成によつて単鉱物族、oligomikt 族 (2, 3 の鉱物からなる砕屑岩石で、そのうち 1 鉱物が卓越している) 多種鉱物族・polymikt 族に区分される。

Rukhin のデータによると、単鉱物族には、例えば石英砂および石英粒がほとんど全体を占める砂 (95% 以上) があげられる。したがつて SiO₂ の含有量は 95~99% に達する。oligomikt 質砂質岩石では石英が優勢 (75~95%) であるが、他の鉱物 (長石、まれには雲母) も多量に含んでいる。oligomikt 砂質岩石は最も広域に分布している石英質砂岩に属し、長石類または有色鉱物 (coloured mineral) 粒と微粒の碎屑物質とを 25% 以下含んでいる。SiO₂ の含有量は 80% 以下である。polymikt 砂質堆積物 (硬砂岩と花崗質砂岩) は同量の種々の鉱物 (石英・長石・有色鉱物) からなつている。本岩石は SiO₂ の含有量の最低値で特色付けられる。

砂および淤泥の化学組成は clark 数と比較すると SiO₂, CaO, CO₂ の含有量が低く、Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ に富み、花崗質砂岩にやゝ近い組成を示している (第3表参照)。

第3表によつて砂中の若干元素の時間変移曲線をつくり、粘土の同一時間変移曲線と対比すると、両曲線はきわめて近似し、この種の重要な堆積岩型の発達史の類似性が認められる。第9図には、K の含有量が震旦紀から第三紀の砂にかけて緩慢に減少する状態が示してある。しかし Na の含有量はほとんど変わらない。

次に第10図をみると、Ca/Mg 比の値は、古期砂から新しい時代の砂にかけて増大する傾向が現われている。

Ca と Mg 曲線は、第11図からみられるように相互に平行関係を示している。この現象は、上述の粘土と同様、砂質堆積物中の Ca と Mg も、また共生的に近い相関関係をもつていることを示している。Ca と Mg の存在量は、粘土中で認められた相関関係 (第7図) を繰り返している。

Al と Ti の存在量も、粘土で認められた変移を繰り返している。Al と Ti とが極大、極小含有量を示す時代は同一である。しかし粘土中における Al と Ti との含有量は砂中におけるよりも高い (第2, 3表)。この相関関係は、一方では Al と Ti との共生関係を、他方では粘土および砂におけるこれら元素の源泉の共通性を示している。Al と Ti の含有量は、層序

註 3) 本岩石類の化学組成は研究中である。

の下位から上位にかけて減少し、周期的変動が認められる。砂および粘土中の Al と Ti の最大含有量は、結晶質岩石からなる基盤地帯、すなわち長期間にわたって侵蝕作用を蒙った陸域の海進期、すなわち瀕海成地層と挟炭層とが広範囲に分布していた時代に対応している。しかしこの地域では侵蝕作用を蒙った花崗岩質地殻中の残留産物が Ti で 2 倍に富化され、その後 Ti の濃集した物質が堆積地帯へ運ばれたことが考えられる (前文参照)。

Russkii Plate-forme 地域の堆積岩の化学的組成と堆積物の 平均組成との変化の定方向性と周期性について

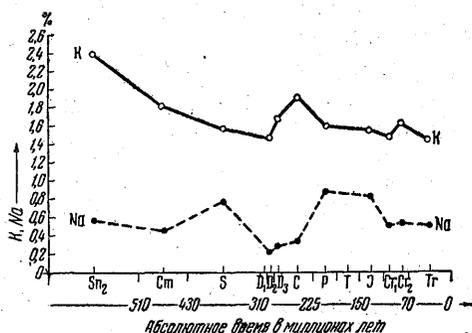
種々の地質時代に生成された重要な堆積物型の化学的組成に関する全データを検討すると、炭酸塩質岩石と碎屑岩の量的相関関係にみられる (平行的な) 規則的周期性変化は、この種岩石を構成する化学的組成の変化の跡を示していることが明らかになる。

この変化は、指示元素が堆積岩石中で卓越している場合には最も明瞭に現われる (例えば炭酸塩質岩石中の Mg, 粘土中の K 等)。しかしこの種変化は、これらの指示元素が 2 次的意味をもっている他型の堆積岩中でも認められる。このような現象は、堆積岩にとつて初成物質の供給源が共通性であることを示すとともに、一方では地球上における堆積の発展の定方向性を示している。このことを考えに入れると、元素の (時間) 存在量の規則的周期変動が認められ、周期変動は、古期の削剥、沈積の場における造構造運動の発展の周期とよく一致している。

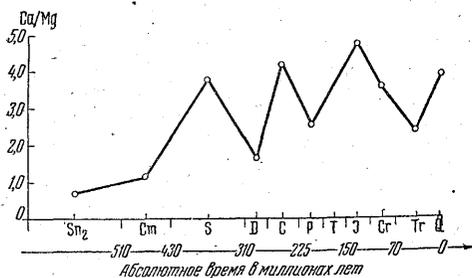
例えば炭酸塩質岩石の発展 (evolution) の主要過程は、Mg の含有量の減少と白雲石期 (dolomite epoch) の消滅である。原生代に卓越していた炭酸塩質岩石の白雲石は、石灰岩およびその他の炭酸塩質岩石 (泥灰岩) によつて除々に取り代わられている。炭酸塩質岩石の化学組成は、地質年代の経過とともに白雲岩分子 (dolomite molecule) がますます貧化している。Russkii Plate-forme とアメリカ大陸の炭酸塩質岩石中における Ca/Mg 比の時間変移曲線 (第 4 図) は、炭酸塩中における Mg の貧化が全地球上にわたって規則的に起こっていることを示している。同一 Ca/Mg 比の値の時間変移傾向は、Plate-forme および北アメリカの粘土および Plate-forme の砂 (アメリカにはデータがない) についても表われている。これらのデータを対比すると、堆積岩の 3 重要階梯 (変革) における Ca/Mg 比の値の増加は、stratisphere (堆積圈) の化学組成の発展にみられる共通現象の 1 つであることが信じられる。

Ca と Mg との存在量も、この共通の歴史的傾向 (historic tendency) を反映して周期性変動を示している。Mg の最大含有量は造構造運動の初期と終期とに生成された炭酸塩質岩石中で確認されるが、Ca は中期に生成された岩石に濃集する傾向がある (第 3 図)。さらに Mg, Ca の主要部分は炭酸塩質混合物 (mixed) の型で含まれている。このような曲線の平行性をみれば、炭酸塩質層・粘土層および砂層における Ca, Mg の存在量の特性と結び付けることが可能となる。Ca と Mg との最大含有量は純粋の石灰岩と白雲岩の沈積・生成とが Plate-forme の堆積盆地で 2 次的役割を占めていた地質時代の砂質層・粘土質層中でみられる。一方この種元素の貧化は、純粋の炭酸塩質岩石が優勢であった時代に沈積した砂質層・粘土質層中でも認められる。この傾向の偏倚についても知られているが、この傾向は多くの場合にあてはまる。すなわち Ca と Mg は純粋の炭酸塩沈積期ばかりでなく、あらゆる時代を通じて水を媒介として海盆地域に多量に運ばれるからである。陸源性堆積物の生成期、換言すれば陸地の上昇期 (海退期) には大きな碎屑物質が純粋の炭酸塩の沈積をはるかに上廻るような状態で堆積する。Ca, Mg は粘土・淤泥・砂で捕獲され、混合岩石型すなわち炭酸塩・粘土質岩石 (石灰質粘土・粘土質泥灰岩・泥灰岩)・炭酸塩砂質岩石か炭酸塩・淤泥質岩石が生成される。この種岩石類はシルル紀・デボン紀後期・二疊紀後期・三疊紀および第三紀の堆積物に典型的にみられる。

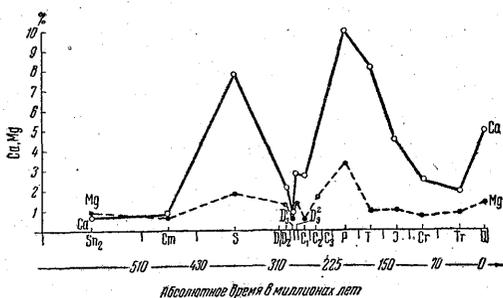
陸源性地層 (粘土層と砂層) の化学的組成の主要発展過程は、古期堆積物から新时期堆積物にかけて、K, Al, Ti および鉄金属 (Fe, Co, Ni, Cu 等) 元素の含有量の低下である。



第9図 Plate-forme の砂・淤泥中における K, Na の含有量の時間的変移曲線
3,709 試料から求められた平均試料 158 の分析値
単位 100 万年



第10図 Ca/Mg の時間的変移曲線
3,709 の砂・淤泥試料から求められた平均試料 158 の分析値
単位 100 万年



第11図 砂・淤泥中における Mg, Ca の平均含有量の時間的変移曲線
3,709 試料から求められた平均試料 158 の分析値

陸成(酸性)相の kaolinite が混在している。デボン紀の海成相にはときどき少量の baidellite が認められる。石炭紀粘土中では hydromica とともに kaolinite が多量に含まれ、陸成堆積物(例えば挟炭層)中では、含有量が增大する。さらに montmorillonite も混在している。

西南部の古瀕海地域に近づくとき、石炭紀後期の炭田(モスコフ複向斜)では種々様々な粘土鉱物が発達している。この地域では、kaolinite が卓越しているが、海成相中には baidellite, montmorillonite が含まれている。陸成・海成堆積物中には hydromica が多量に混在しているのが認められる。二疊紀と三疊紀粘土中では hydromica と kaolinite の 2 鉱物が造岩鉱物となり、baidellite と montmorillonite がきわめて多量に混在している。アメリカおよび他の諸国の白堊紀、新生代粘土中では montmorillonite が広く分布している。

このように新しい地質時代に向かうにしたがって、粘土中のカリ鉱物の存在量が漸減する傾向は、新期粘土における K 含有量の測定値の低いことを理解する鍵となるであろう。これらのデータを対照すれば、カリの大部分は、粘土鉱物の結晶格子に結合することが明らかとなる。

次に碎屑岩中における K の富化と、貧化との問題をとりあげよう。

K による古期粘土の富化は激しい侵蝕、削剥が古期乾陸で行われたことを示している。さらに K すなわち hydromica による富化は、初成雲母とカリ長石の変質によっても形成される。この種鉱物類は、花崗岩・花崗片麻岩とそれと近縁関係にある酸性火成岩および変成岩からなる地域に広範囲に分布している。

震旦紀および古生代前期の花崗岩と花崗片麻岩の露出地域は、その後の地質年代のこれら岩石類地域よりも著しく広い。Russkii Plate-forme の基盤を形成する震旦紀、デボン紀中期の酸性火成岩と変成岩およびこれらの岩石類の侵蝕面は、多くの場所で堆積物によって不整合に覆われている。海進性堆積物の増加は、堆積盆地におけるカリ長石と雲母との侵蝕産物がある地質時代から他の地質時代にかけて漸減の跡を示している。

このような現象は、粘土鉱物の組成変化についても認められる。現在のデータによると、震旦紀・古生初期およびデボン紀の粘土鉱物中で卓越しているものは K に富む hydromica であつて、陸成(酸性)相の kaolinite が混

したがってKは地層の生成時から粘土質層中に存在していたことが考えられる(前論文参照)。

Russkii Plate-forme の古期砂層中のKの含有量がきわめて高いのは、震旦紀・古生代初期の砂・淤泥層の粗粒相がカリ長石で富化されているためである。しかしこの時代の細粒泥質相は hydromica 質鉱物で富化されている。このような状態は粘土と同様である。カリ長石と hydromica とは成因的に酸性火成岩(露出面積は地質時代の経過に伴なって減少する)と関連性がある。花崗岩状岩石の露出地域の減少は堆積岩の被覆層の増加とそれぞれ関連性がある。すなわち堆積物の沈積・生成は、乾陸の沈降と海進との直接的な結果であるからである。

砂層、粘土層中における Al と Ti の含有量は地層層序の下位から上位にかけて減少する。さらにまた Th と Ti の存在量の周期的変化と造構造運動期との間には密接な関連性が認められる(第3表参照)。Th と Ti の最大含有量は、Plate-forme の基盤岩石の海進期に生成された地層が長期間にわたって侵蝕作用を蒙った堆積岩(被覆)の海進期の地層中に認められる(この種元素の最大含有量は、バルチック Shield 地帯の地塊の隆起運動の最盛期堆積物にもみられる)。したがって緩慢な瀕海地帯の上昇期には Russkii Plate-forme の堆積盆地における Ti, Th の沈積は弱化したことが考えられる。

Russkii Plate-forme の種々の堆積岩型の容積を測定してみると、砂・粘土・炭酸塩質岩石の存在比は33,0 : 19,5 : 47,5 になる。この数値と Wickman の確かめた粘土・砂・炭酸塩の比註4), 83 : 8 : 9 と比較すると、次のことが明らかになる。すなわち Russkii Plate-forme の堆積物は、地球上の堆積物中におけるこの種岩石の平均含有量よりも、炭酸塩を5倍、砂を約2倍以上、粘土 $\frac{1}{2}$ 以下を含んでいる。

結論として次のようにいえる。Russkii Plate-forme の堆積物は、ケイ酸・アルミナ・鉄・チタン・アルカリの含有量が著しく少ないが、カルシウム・マグネシウム・炭酸・硫酸塩に富んでいる。これらの状態から推定すると、Russkii Plate-forme の堆積物の特徴的指標として

- (1) 地層の厚さが比較的薄い。
- (2) 傾斜が緩慢である。
- (3) 浅海性である。
- (4) 特種の岩石種 (gaize, tripolite, 純粹ケイ砂など) の賦存の可能性

があげられる。

註 4) Wickman, F. E.: The «total» amount of sediments and the composition of the «average igneous rock», Geochimica et Cosmochimica acta, 5, 3, 1954

◆

月報 8 巻 4 号 訂正

23 頁第 4 図と 28 頁第 4 図は入れかわっているため、23 頁の図は 28 頁第 4 図に、28 頁の図は 23 頁の第 4 図に訂正致します。