

茨城県北東部那珂台地における新生界堆積物の化学組成と元素分布

金井 豊* 坂本 亨** 安藤 厚***

KANAI, Y., SAKAMOTO, T. and ANDO, A. (1990) Chemical composition and geochemical map of sedimentary rocks on the Naka terrace, northeastern area of Ibaraki Prefecture. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 41(10), p. 551-566.

Abstract: The Naka terrace is situated in the northeastern part of Ibaraki Prefecture, between the Naka and Kuji rivers. The main parts of this terrace are composed of Miwa Formation deposited during the last interglacial transgression and several river terraces.

Sedimentary rocks were collected from each layer in the 1' x 1' grid, and the chemical components, i. e. TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Zn , Co , Ni , Cr , V , Cu , Sc , Y , Sr , La and Ba , were determined. They are poor in Mg , Ca , Cr , La and rich in Na , Sc comparing with the mixed component of sandstone and shale compiled by TUREKIAN and WEDEPOHL (1961).

The geochemical map of Zn was made by these chemical data combined with the geological map. This proposed method using sedimentary rocks offers several following advantages though it has some disadvantages such as heterogeneity of the sample, complexity of the sample preparation;

- (1) the chemical composition of the rock is elucidated
- (2) the result is used as basic petrological and geochemical data
- (3) it is easy to collect the unpolluted sample
- (4) the map shows the chemical differences among the layers and also of local area.

1. はじめに

関東平野は、北部と西部を山地で囲まれ、久慈川・那珂川・利根川・荒川・多摩川・相模川等の大きな河川の扇状地や段丘・丘陵地・低地からなっている。関東平野の層位学的な研究や堆積盆地の形成史に関する研究は数多くなされているが(例えば、関東ローム研究グループ, 1965), 堆積物の化学的な見地からの研究ははるかに少なく、テフラの起源やテフラクロノロジーとしてのテフラの化学組成を明らかにした研究や、農学的な見地から土壌の化学組成を検討した例があるに過ぎない。

著者らは、那珂湊地域の地域地質研究を進める一方、当地域を含む茨城県北東部を中心とする地域での元素のバックグラウンド濃度を明らかにする目的で堆積物を採取してきた。それらは、テフラを含むローム・礫岩・砂岩・泥岩等で、比較的汚染の少ないとみられる堆積物である。これらのうち、表層部のロームの化学組成につい

ては、既に報告した(金井ほか, 1988), 堆積物のバックグラウンド濃度は、堆積岩の地球化学データの基礎資料となるものであり、また、環境化学的にはその分布状況は地球化学図に匹敵するものである。

ここでいう地球化学図は、化学元素の地域的な濃度分布状況を表示したものである。鉱化帯等では特定の元素が周囲よりもハロー状に高濃度となるため、従来、地球化学図は鉱床探査の有効な手段として用いられてきた。一方、鉱化作用のような自然現象ではなく人為的な作用、すなわち人為的な汚染によってある化学元素が異常に付加されても同様な濃度分布となる。このような場合、バックグラウンド濃度が既知であれば地球化学図は環境汚染の指標として有用な手段の一つとなる。こうした観点から、海外においてはイギリスやアラスカ・西ドイツ・オーストリア等で広域的な地球化学図が作製されており(WEBB *et al.*, 1978; WEAVER *et al.*, 1983; FAUTH *et al.*, 1985; THALMANN *et al.*, 1989; 伊藤, 1986), わが国においても北関東に設定した4000 km²にわたるモデルフィールドでの地球化学図の作成が、1985年から5か年計画で進められている(例えば、伊藤ほか, 1986, 1987,

* 地殻化学部

** 元地質部(現名古屋大学)

*** 元地殻化学部(現資源探査用観測システム研究開発機構)

1988, 1989).

本報告では、那珂台地周辺地域において採取されたローム層を除く第三紀・第四紀の砂岩・泥岩等の堆積物の化学組成を明らかにし、バックグラウンドとしての堆積層に基づく元素濃度分布図の作成を試みた結果とそれに伴う2-3の考察を述べる。

2. 地質のあらまし

那珂台地の地質については、地域地質研究報告「那珂湊地域の地質」(坂本ほか, 1972)に詳細な報告がなされており、また、北西部の瓜連丘陵地域についても既に坂本・宇野沢(1976)によって報告されているので、ここではおおよそのあらましを述べるにとどめる。

那珂川と久慈川に挟まれた那珂台地は、最終間氷期に形成された見和層(上部)を構成層とする主部と、その南北両側に伸びる河岸段丘とからなる(第1図)。

那珂台地の基盤は、中-上部新第三系の泥質岩を主とする。この泥質岩は、従来、“多賀層”として一括されてきたものであるが、その層序的・時代的区分については再検討を要する。“多賀層”以外の新第三系としては、那珂湊地域の殿山層(中新世中期)、久慈地域の離山層(鮮新世)が狭い範囲に分布し、“多賀層”の中には軽石凝灰岩(部田野部層・阿字ヶ浦部層)が挟まれる。また、台地南端部では、砂岩泥岩互層を主とする白亜紀後期の那珂湊層群、白亜紀後期または古第三紀の大洗層が見られる。

台地主部を構成する見和層は、層序的に下部と上部に2分される。下部は最終間氷期の海進の初期に旧河谷を埋積した泥質層を主とし、上部は海進最盛期に波食台を広く覆って形成された砂層を主とする。久慈川・那珂川沿いの河岸段丘は、見和層堆積後の海面低下期に形成されたもので、構成層はそれぞれ額田段丘礫層・上市段丘礫層と呼ばれる。これらの礫層は、八溝山地・阿武隈山地に分布する中生界の砂岩・頁岩や花崗岩の礫を主としている。

一方、那珂台地の北西に続く瓜連丘陵では、新第三系を基盤として、旧河谷を埋積した引田層が砂礫-泥質層のサイクルを繰り返している。引田層は、見和層よりも古い。引田層の下位には、2段の埋没段丘礫層として古徳礫層・新町礫層がある。この2段の埋没段丘礫層および引田層の基底礫層の礫は、八溝山地を構成する中生界の砂岩・頁岩を主とする。

以上の地層を覆って、那珂台地・瓜連丘陵では、第四紀後期のローム層が広く分布している。また、久慈川・那珂川などの河川沿いには最終氷期に形成された河谷を埋積して沖積層が発達し、東部の海岸沿いでは砂丘砂が広

がっている。

3. 試料及び分析方法

3.1 試料

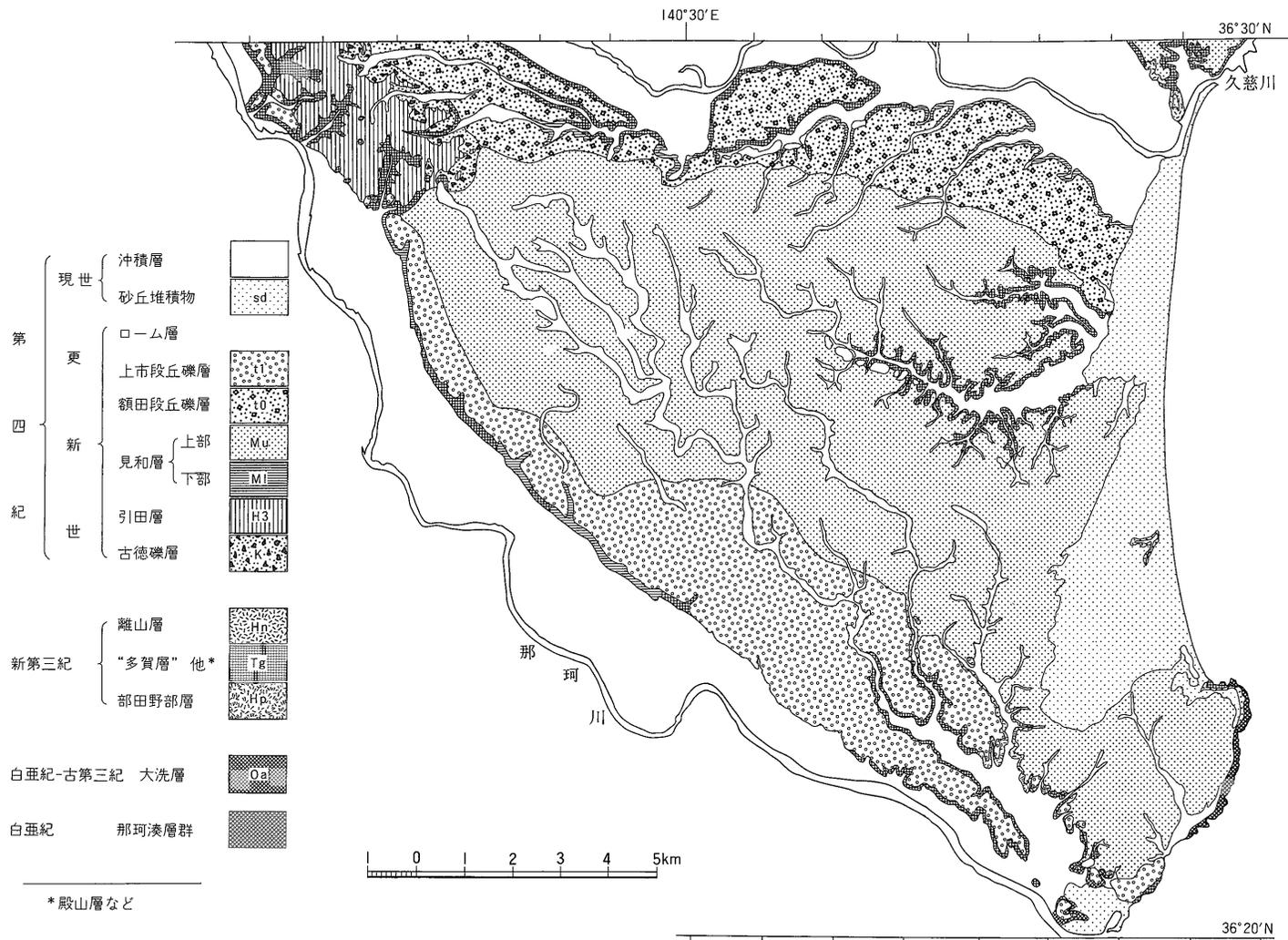
一般に堆積物は細かい岩石粒の集合体であり、花崗岩のような一見均質に見える火成岩でもその化学組成に不均質のあることが認められているため、堆積岩の化学組成は変化に富むと予測される。従って、那珂台地・瓜連丘陵を構成する堆積岩の平均的な化学組成を明らかにするには、できるだけ多くの地点で試料を採取することが望ましい。一方、地球化学図の試料として活用するためには、台地全体を広く網羅するように試料を採取することが望ましい。以上の観点から当地域内で観察された露頭において可能な限り試料採取したが、その採取地点を第2図に示した。

このようにして採取された試料は、予察的な試料のほかに砂丘堆積物4試料・沖積層砂1試料・上市段丘礫層23試料・額田段丘礫層17試料・見和層上部28試料・見和層下部7試料・引田層12試料・引田層基底礫層1試料・古徳礫層2試料・離山層並びに“多賀層”部田野(へたの)部層各1試料・“多賀層”32試料・大洗層1試料の合計130試料である。なお、第2図には参考のため経緯度1分づつのグリッド(東西約1.5km, 南北約1.8km)の線も書き加えてある。グリッドの番号は東北端から南方に順に1, 2, 3, 南限に至ったら再び東北端に戻って4, 5, ...とした。各グリッドからおおよそ1試料の割で採取されているが、複数の試料が採取された地点もある。

試料は、砂や泥岩の場合現地で数100グラムを採取した。実験室で風乾後四分法または縮分器を用いて縮分し、それを微粉碎して分析に供した。礫層の場合、できるだけ砂と礫をそのまま数キログラム採取し、風乾後簡単なふるいわけを行い、このうち粒径2mm(-1φ)以下の砂について同様に試料調製して分析を行った。

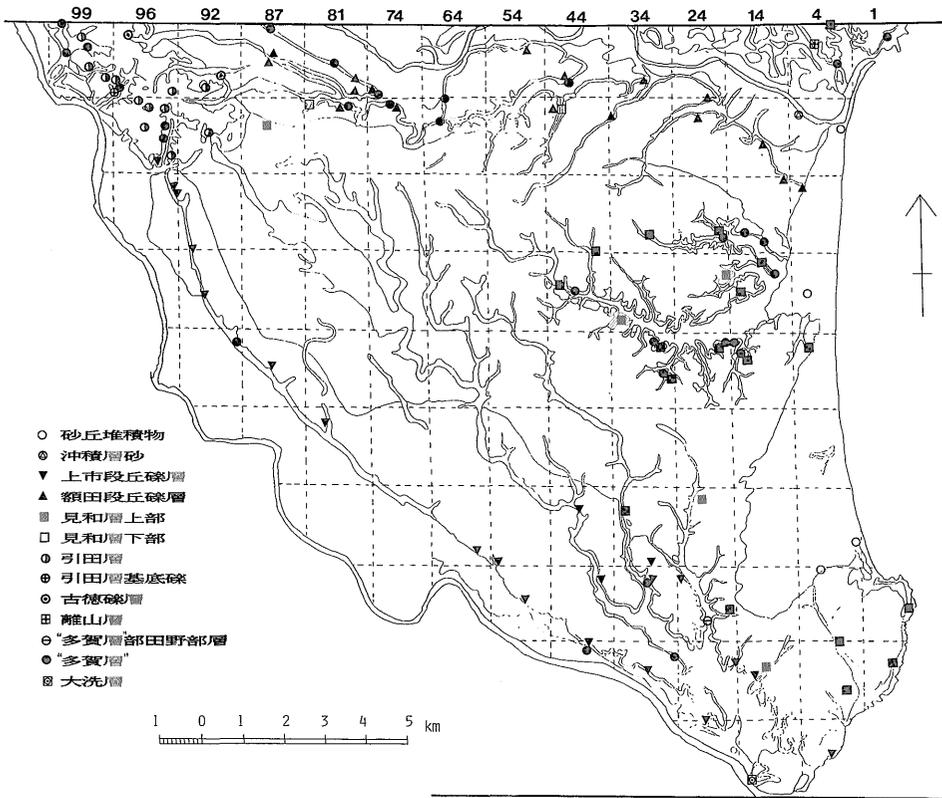
3.2 分析方法

化学分析は、今井(1986)に従い、ICP発光分光分析法で岩石中のTiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Zn, Co, Ni, Cr, V, Cu, Sc, Y, Sr, La, Ba等の主・微量成分を定量した。分析装置には、波長走査型のセイコー電子工業社製SPS-1200を用いた。また、一部の試料については原子吸光法も併用した。



茨城県北東部那珂台地における新生界堆積物の化学組成と元素分布 (金井 ほか)

第1図 那珂台地の地質図 (坂本ほか, 1972 に加筆)



第2図 堆積物の試料採取地点

4. 結果と考察

4.1 礫の粒度分布

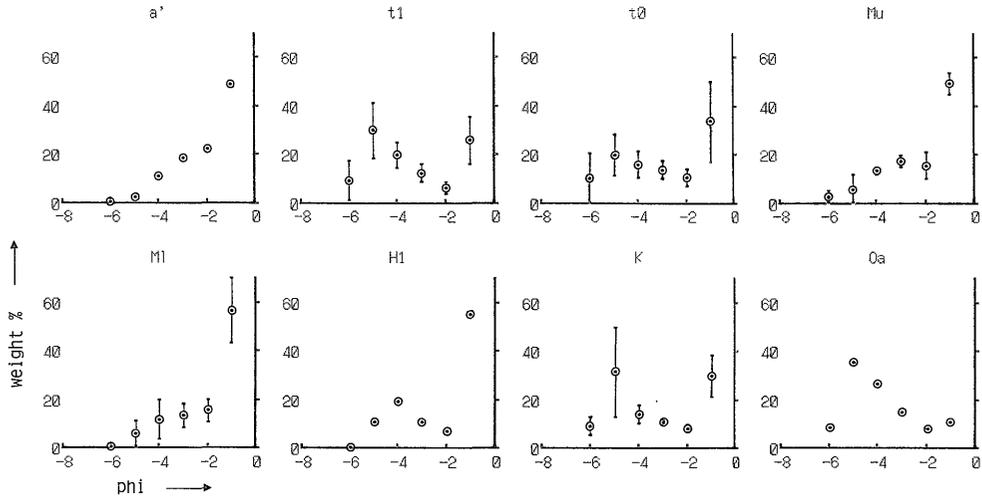
礫の粒度分析の結果を、各堆積層ごとに平均したものを第3図に示した。この図から、2つの分布パターンが認められる。すなわち、沖積層砂(a')に代表されるような -1ϕ より細かい砂が多く粗粒礫が単調に減少するタイプと、上市段丘礫層(t1)に代表されるような -5ϕ - -4ϕ の粒度にピークを持つタイプである。前者には、見和層の堆積物があり、後者には額田段丘礫層・引田層基底礫層・古徳礫層・大洗層が含まれる。

見和層は、海進にともない谷を埋めるようにして堆積した堆積物であり、穏やかな環境のもとで堆積したのに対し、後者の礫は川の運搬力の強い岸辺で堆積したことがこの結果からもうかがえる。HJULSTRÖM (1939) が示した粒子の粒径と侵食・運搬・堆積の関係図から当時の河川の平均流速を求めると、毎秒1.3m以上もの速さであったと推定される。

4.2 堆積物の平均化学組成

堆積物は、その地層の採取可能な地点でできるだけ採取したが、それを地層の代表とするには多少検討を要する。それは、地層の区分はあるイベントもしくは年代的な区切りとなっているが、その物質的な様相は変化に富み、一つの地層の中でも粗粒から細粒の物質へ変化、もしくはそれが複雑に入り組んだ様相を呈しているからである。例えば、引田層の場合を例にとると、シルトの間に砂層を挟み(坂本・宇野沢, 1976)、4回の堆積サイクルが推定されている(粕ほか, 1988)。しかしながら、個々の不均一性は多少あるものの、いくつかの試料を平均してみれば堆積層の特徴的な化学組成は認められると期待される。

第1表に、那珂台地における各種堆積物の化学組成の平均値並びにその標準偏差(SD)・変動係数(CV(%))の値を示した。個々の値では数%から数10%のばらつきが認められているが、一つの堆積層の中でのばらつき(第1表右端のCV(%))の平均)は18-45%、一つの分析元



第3図 礫の粒度分析結果

(a': 沖積層砂 t1: 上市段丘礫層 t0: 額田段丘礫層 Mu: 見和層上部 M1: 見和層下部 H1: 引田層基底礫 K: 古徳礫層 Oa: 大洗層)

素の中でのばらつきの程度(同表下方のCV(%))の平均も12-54%であり、全体としての平均的なばらつきの程度は30-40%と見積られる。この程度のばらつきを考慮すれば、各堆積層の化学組成を代表するものとしてもよいと推定される。

第1表の下端には、TUREKIAN and WEDEPOHL (1961) によってまとめられた平均的な頁岩と砂岩についての化学組成も示してある。那珂台地の試料はほとんどの元素濃度が両者の間に入っているが、一部Mg, Ca, Cr, La濃度が両者よりも低く、Na, Sc濃度が高いという傾向が特徴的に認められる。砂岩と頁岩の中間的な組成を仮定し、それで各堆積層の平均値を規格化した濃度比の例を第4図に示した。Al, Fe等は1の周りに分散しているが、Mg, Ca, La等は1よりも低く、Na, Sc等が1よりも高いのがよくわかる。一方、各堆積層についての濃度比を平均したものは0.7-1.2の範囲に入っており、彼らのデータと比較的調和的である。

分析されたこれらの元素の中で、銅と亜鉛について各層ごとの平均値の分布を第5図に示した。いずれの元素も、見和層下部・引田層・“多賀層”でわずかながら高めになる傾向がある。引田層・“多賀層”は粒度の細かいシルト・泥岩であり、細粒の堆積物と共に当時の埋没谷の堆積場に運搬されてきて濃集したと考えられる。このような銅・亜鉛と泥分との密接な関係は、現世の石狩湾・仙台湾等の底質堆積物でも認められている(大嶋ほか, 1987)。また、河岸段丘礫層である上市段丘礫層と額田段

丘礫層とを比較してみると、上市段丘礫層の方が銅・亜鉛のほかにコバルト・ニッケル等の濃度も高くなっている。粒度分析の結果(第3図)では上市段丘礫層の方がわずかながら粗粒礫の割合が多くなっており、泥分の影響は少ないであろう。両者を比べた場合、上市段丘礫層の礫は赤褐色を呈しており、化学組成では鉄の含有量が多いことから鉄の酸化物によるものと推定される。河川堆積物では、鉄やマンガンの酸化物の沈澱に種々の元素が捕捉されることが多く(HOWARTH and THORNTON, 1983)、上市段丘礫層の場合も鉄の沈澱物に捕捉されて高めの値となっていると考えられる。

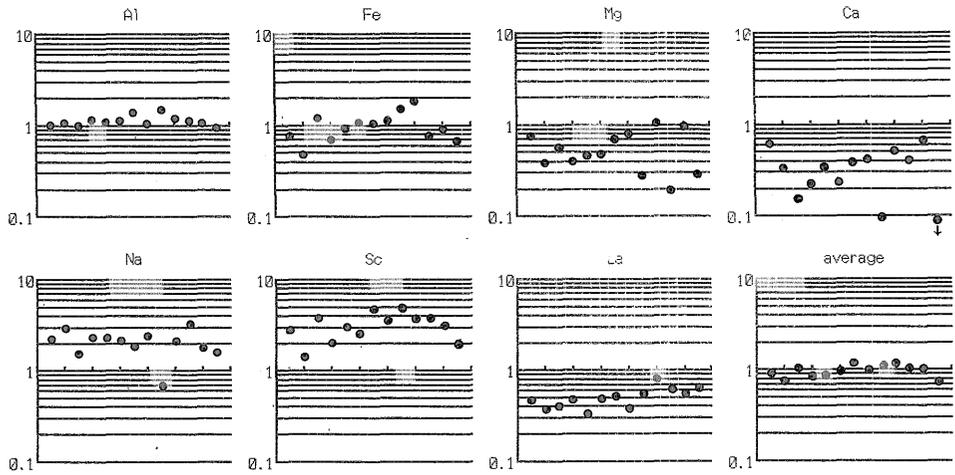
分析された元素の平均値を基に、因子分析とクラスター分析を試みた。分析は田中ほか(1984)並びに社会情報サービス株式会社の多変量解析システムを用いた。第2表は、因子分析の結果得られたバリマックス回転後の因子負荷量を第3因子まで示してある。これをみると、第1因子にはTi, V, Co, Cu, Na, Al, Sc等の寄与が大きく、輝石やチタン鉄鉱のような鉱物が関係するものと考えられる。一方、第2因子はCa, Mg, Ba, Sr等のアルカリ土類金属元素の寄与が大きく、炭酸塩鉱物が関係すると考えられる。実際、平均的頁岩・砂岩・石灰岩の化学組成(TUREKIAN and WEDEPOHL, 1961)で因子分析を行った結果は第6図に示される因子負荷量分布となり、Ca, Mg, Sr等が一つの因子でこれが石灰岩の因子と推定されるからである。第3因子はY, La, Zn, Sc等で、周期律表の第3族の元素が関係しており、化学的挙動を同じく

第1表 那珂台地における堆積物の平均化学組成

		%									ppm										CV(%) の 平均	
		TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Zn	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sc	Y	Sr	La		Ba
砂丘堆積物(sd) (n=4)	平均	0.37	9.62	3.07	0.07	1.35	2.64	1.93	0.99	0.05	50.7	6.5	13.4	34.0	52.5	10.8	18.9	25.8	177.	28.0	333.	32.5 ± 21.8
	SD	0.03	0.72	0.26	0.02	0.17	1.02	0.67	0.59	0.02	23.0	1.9	9.2	16.9	5.5	8.5	4.0	12.4	18.	2.3	119.	
	CV(%)	9.2	7.5	8.3	28.7	12.9	38.6	34.9	59.9	44.5	45.3	29.2	68.6	49.6	10.5	79.2	20.9	48.3	10.0	8.3	35.7	
沖積層砂(a')		0.20	10.32	1.95	0.05	0.68	1.40	2.50	1.53	0.06	30.8	3.4	7.7	14.0	28.9	7.1	9.7	13.3	195.	21.9	498.	
上市段丘陵層(t1) (n=23)	平均	0.42	9.91	4.73	0.11	0.99	0.65	1.30	1.78	0.05	66.0	10.3	15.1	19.0	77.9	12.6	25.8	29.8	70.	24.6	422.	37.8 ± 35.1
	SD	0.12	1.59	1.17	0.05	0.52	0.21	0.20	0.92	0.02	14.1	5.0	26.8	6.6	25.4	4.8	4.6	9.4	11.	6.1	50.	
	CV(%)	27.6	16.0	24.8	44.4	51.9	32.8	15.5	51.5	36.1	21.3	48.7	177.5	34.9	32.6	38.4	18.0	31.6	16.1	24.9	11.8	
額田段丘陵層(t0) (n=17)	平均	0.30	11.22	2.82	0.05	0.72	0.94	1.97	2.18	0.05	42.6	4.8	9.2	31.4	42.8	7.9	14.2	20.5	129.	27.9	487.	38.4 ± 23.8
	SD	0.09	1.32	0.78	0.03	0.28	0.71	0.23	1.28	0.02	11.3	3.1	1.7	33.1	12.1	2.2	6.5	8.1	23.	11.2	49.	
	CV(%)	28.7	11.8	27.5	47.4	39.3	76.0	11.8	58.5	42.5	26.4	64.8	18.4	105.4	28.3	27.8	45.8	39.5	17.6	40.1	10.0	
見和層上部(Mu) (n=28)	平均	0.34	10.81	3.74	0.07	0.83	1.43	1.98	1.54	0.04	47.8	6.7	8.7	21.7	54.1	6.6	20.8	21.2	136.	19.7	411.	44.7 ± 15.3
	SD	0.18	1.64	2.17	0.05	0.52	0.68	0.42	0.72	0.02	21.0	3.7	2.6	13.0	30.7	2.7	10.9	7.4	33.	10.1	84.	
	CV(%)	51.3	15.2	57.9	64.5	62.6	47.9	21.3	47.0	56.3	43.9	55.1	29.9	60.1	56.8	41.3	52.3	34.7	24.4	51.2	20.5	
見和層下部(Ml) (n=12)	平均	0.39	11.07	4.24	0.07	0.85	1.01	1.87	1.88	0.05	75.7	8.7	15.5	24.7	58.2	19.7	17.6	23.0	119.	29.4	449.	40.7 ± 18.2
	SD	0.13	1.00	2.65	0.05	0.44	0.50	0.54	0.76	0.02	34.8	4.6	6.9	11.1	22.7	13.1	7.1	6.7	14.	8.5	32.	
	CV(%)	33.4	9.0	62.5	74.3	52.1	50.0	29.1	40.2	53.6	46.0	53.0	44.2	44.9	39.0	66.2	40.5	29.0	11.4	29.0	7.1	
引田層(H3) (n=19)	平均	0.50	13.73	4.32	0.05	1.29	1.63	1.57	1.56	0.05	105.	10.3	13.4	28.4	92.6	26.9	32.6	39.8	123.	30.4	429.	35.5 ± 14.8
	SD	0.08	2.11	1.00	0.02	0.35	0.99	0.51	0.85	0.03	29.7	5.6	6.1	13.5	21.8	11.4	7.2	12.8	39.	12.9	45.	
	CV(%)	16.2	15.3	23.1	46.9	27.2	60.7	32.6	54.5	53.5	28.4	53.8	46.0	47.5	23.5	42.5	22.1	32.3	31.6	42.6	10.4	
引田層基底礫(H1)		0.37	10.09	4.47	0.07	1.45	1.73	2.09	2.02	0.05	63.5	8.8	11.4	18.7	73.3	10.8	24.5	25.7	106.	22.8	369.	
古徳礫層(K) (n=2)	平均	0.50	14.59	5.86	0.09	0.51	0.39	0.59	2.47	0.03	77.8	11.5	10.4	22.5	99.7	17.4	33.2	38.0	49.	32.7	468.	17.6 ± 11.5
	SD	0.14	0.10	0.69	0.02	0.00	0.14	0.25	0.23	0.01	9.5	1.6	1.1	7.4	23.2	2.6	0.7	3.1	13.	6.1	78.	
	CV(%)	27.2	0.7	11.8	22.4	1.0	35.7	43.0	9.5	21.4	12.2	14.0	10.9	33.1	23.3	15.2	2.2	8.2	25.8	18.7	16.7	
離山層(Ha)		0.34	11.74	7.36	0.10	1.93	2.16	1.78	1.46	0.05	108.	12.2	17.2	33.7	72.8	7.3	25.4	51.8	125.	48.1	390.	
多賀層部田野部層(Hp)		0.15	11.08	3.12	0.08	0.35	1.75	2.77	3.07	0.03	90.1	0.2	4.6	8.2	13.3	3.2	25.8	81.6	108.	38.2	567.	
多賀層(Tg) (n=32)	平均	0.38	10.54	3.78	0.05	1.71	2.85	1.55	1.91	0.08	89.0	5.7	23.0	40.2	60.5	17.9	21.7	40.7	140.	32.9	350.	33.7 ± 17.0
	SD	0.08	1.84	0.74	0.01	1.23	2.14	0.53	0.94	0.03	13.4	2.5	9.1	16.8	14.3	5.6	4.5	9.8	46.	4.7	90.	
	CV(%)	20.3	17.5	19.5	30.1	71.9	74.9	34.2	49.2	44.3	15.0	43.5	39.5	41.9	23.6	31.1	20.8	24.1	32.7	14.3	25.6	
大洗層(0a)		0.25	9.13	2.71	0.03	0.53	0.19	1.32	1.05	0.10	49.4	3.6	14.3	26.8	42.0	14.4	12.6	24.6	65.	38.7	517.	
CV(%)の平均 ±		26.7 12.6	11.6 5.7	29.4 20.1	44.8 17.9	39.9 24.6	52.1 17.0	27.8 10.6	46.3 16.2	44.0 11.4	29.8 13.7	45.3 16.3	54.4 52.8	52.2 23.1	29.7 13.7	42.7 20.8	27.8 16.7	31.0 11.7	21.2 8.7	28.7 15.0	17.2 9.6	35.1 16.9
shale*		0.77	15.12	6.75	0.11	2.49	3.09	1.29	3.20	0.16	95.0	19.0	68.0	90.0	130.0	45.0	13.0	26.0	300.	92.0	580.	
sand stone*		0.25	4.72	1.40	<0.01	1.16	5.47	0.44	1.29	0.04	16.0	0.3	2.0	35.0	20.0	x.	1.0	40.0	20.	30.0	x0.	

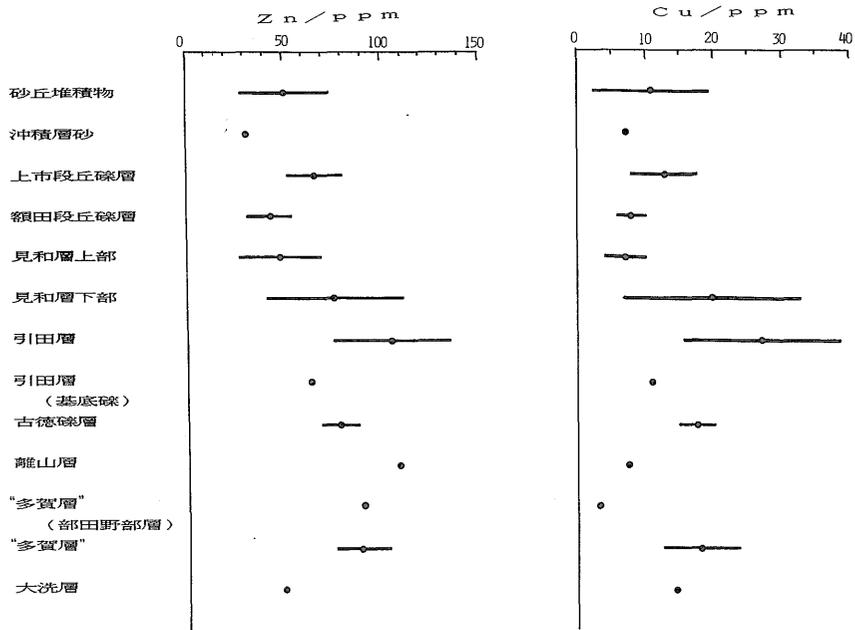
*:Turekian & Wedepohl(1961)による

SD: 標準偏差 CV: 変動係数



第4図 規格化された各堆積層の平均化学組成

(左側から、それぞれ砂丘堆積物・沖積層砂・上市段丘礫層・額田段丘礫層・見和層上部・見和層下部・引田層・引田層基底礫・古徳礫層・離山層・“多賀層”部田野部層・“多賀層”・大洗層)

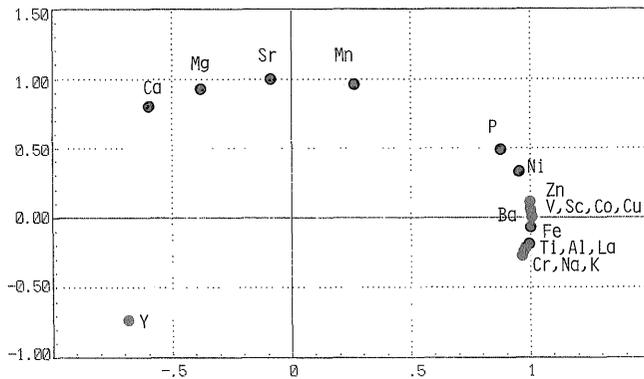


第5図 那珂台地における各堆積層の銅・亜鉛の平均濃度

第2表 那珂台地の各堆積層の化学組成による因子分析における因子負荷量

〔バリマックス回転後の因子負荷量表〕

	1 因子	2 因子	3 因子
61. TiO ₂	0.975436	-0.148922	0.000974
62. Al ₂ O ₃	0.601391	0.165500	0.459411
63. Fe ₂ O ₃	0.586520	-0.138656	0.434898
64. MnO	0.206285	0.007769	0.331085
65. MgO	0.271070	-0.823554	0.111741
66. CaO	-0.199127	-0.868447	0.242254
67. Na ₂ O	-0.788092	-0.225986	0.036957
68. K ₂ O	-0.099506	0.347188	0.522414
69. P ₂ O ₅	-0.063227	-0.126826	-0.310345
70. Zn	0.384879	-0.265551	0.785290
71. Co	0.846314	-0.162308	0.042930
72. Ni	0.416005	-0.513669	0.024646
73. Cr	0.351014	-0.574548	-0.049448
74. V	0.967710	-0.078106	0.063001
75. Cu	0.750892	-0.054491	0.044285
76. Sc	0.625821	-0.012855	0.589423
77. Y	-0.167943	-0.019185	0.857369
78. Sr	-0.435649	-0.609987	-0.235265
79. La	-0.028888	-0.050010	0.612160
80. Ba	-0.383595	0.701095	0.155675



第6図 頁岩・砂岩・石灰岩の化学組成による因子分析における因子負荷量分布図

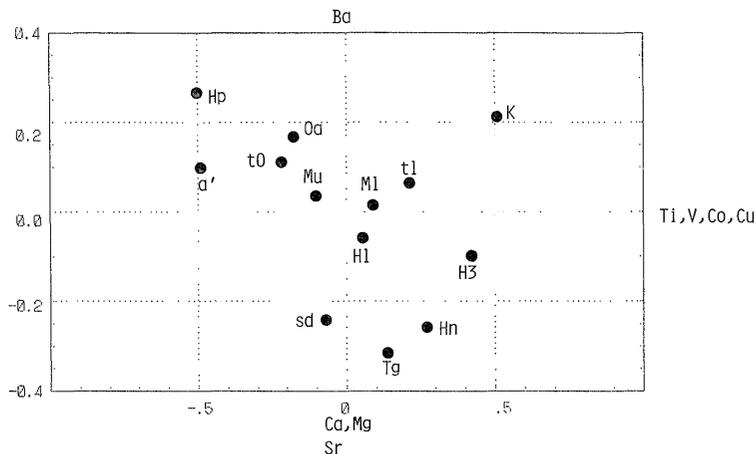
する希土類元素鉱物が関係するものと考えられる。第7図は第1・第2因子得点分布図で、第2因子寄りに“多賀層(Tg)”・離山層(Hn)・砂丘堆積物(sd)等が集まっている。これらは海成の堆積物で、特に“多賀層”ではPortlandiaの貝化石やSagarites等も含まれており、炭酸塩と強く相関しているためと推定される。

堆積層の間のクラスター分析の結果を第8図に示した。見和層上部と下部、それが上市段丘礫層と、さらに額田段丘礫層、そして“多賀層”とグループを形成していく様子がうかがえる。那珂台地北西部の瓜連丘陵を構成する引田層並びに直下の古徳礫層は別のグループを作っており(引田層基底礫層は1試料のため除く)、化学組成の平均値で那珂台地の構成層と分けられることが明らかと

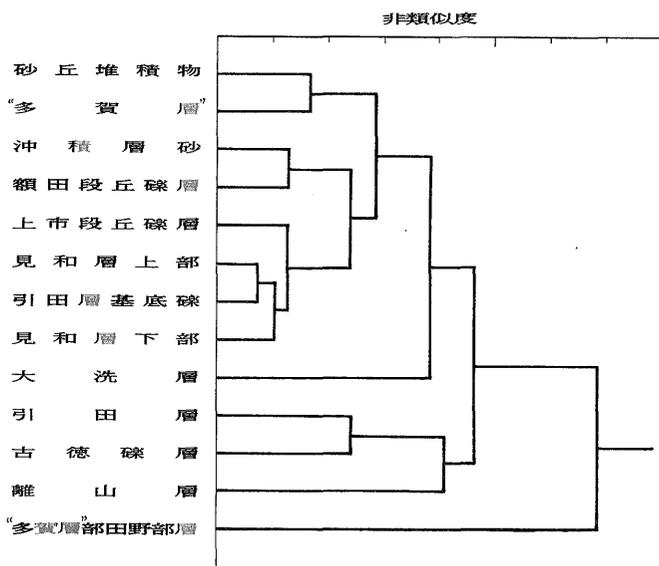
なった。

4.3 堆積層に基づく元素濃度分布図

関東平野北東部における堆積物の予察的な検討結果によると、ローム層を含む堆積層の間で化学組成の相違が認められ、堆積層に基づく元素濃度分布図の可能性が示唆された(金井ほか, 1982)。特に、ローム層中のテフラ層は化学組成の変化に富んでいた(金井ほか, 1988)。しかし、その下位の見和層下部や引田層では試料の問題もあるがテフラほど際だった相違は認められなかったが、本研究で新たに付け加えたデータでは第5図に示したように幾つかの堆積層で化学組成に相違が認められている。そこで、堆積物(岩)による濃度分布図の作成を検討した。



第7図 那珂台地における各堆積層の因子得点分布図
 (sd: 砂丘堆積物 a': 沖積層砂 t1: 上市段丘礫層 t0: 額田段丘礫層 Mu: 見和層上部 M1: 見和層下部
 H3: 引田層 H1: 引田層基底礫 K: 古徳礫層 Hn: 離山層 Hp: “多賀層”部田野部層 Tg: “多賀層”
 Oa: 大洗層)



第8図 那珂台地における各堆積層の化学組成によるクラスター分析

元素分布を示す地球化学図の作成に用いられる試料は、岩石・土壌・河川堆積物等がある。このほかに鉱床の地球化学探査に河川水や植物も用いられることもあるが、時間的な変動が大きいためここでは考えないことにする。これらの種類の中で、岩石を用いた場合のメリットとして、以下の事があげられる。

- (1) 岩石そのものの化学組成が明らかになる
 - (2) 岩石学的・地球化学的なデータとして活用ができる
 - (3) 人為汚染の少ない試料を採取することができる
- 一方、デメリットとして、
- (1) 代表試料としての試料の均質性
 - (2) 試料採取地点の遍在の可能性

(3) 分析用の試料調製に手間がかかる

等の点があげられる。しかし、本研究ではメリットの(2)を主眼としているので、堆積層による元素濃度分布図の作成を試みることにした。

岩石を用いた比較的広域的な地球化学図は、秋田県南部雄勝郡(日本鉱業会地球化学図研究委員会, 1980)や愛媛県(岡田ほか, 1977)等がある。前者では0.5 km×0.5 kmのグリッドから1岩石を採取し、後者では岩体ごとに試料を採取している。前者の方法は、グリッドの大きさが小さいと図示したときかなりよく濃度分布を表現できるものと期待されるが、それでは試料の数が膨大な数になってしまう。一方、後者では広い面積を占める岩体を1カ所の試料採取地点が代表するため、代表性がよくなければ表示困難である。そこで、本研究の分析値の表示には両者の折衷型とした。すなわち、地層の化学組成は一つのグリッド内では均質と仮定し、採取試料はそのグリッド内の地層の代表とした。グリッド内に同一地層からの複数の試料がある場合にはそれを平均した。さらに、グリッド内の地層のデータが無くてもそれを囲む四方のグリッドの二つ以上のグリッドの地層にデータがある場合にはその平均を推定値とした。このようにして1分のグリッドで那珂台地における元素濃度分布を表示した結果を、亜鉛の例で第9図に示した。

この結果を第1図の地質図と対応させて眺めると、堆積層では見和層上部が低濃度であり、西北部の引田層が高濃度である。また、2つの段丘礫層では、上市段丘礫層の方が額田段丘礫層よりも高濃度であることがうかがえる。更に詳細にみると、個々のグリッドでの微細な濃度変化も知ることができる。すなわち、大まかな地層間の濃度の違いとローカルな変化とを併せてみることで、少ない岩石試料で最大の情報を与えていると考えられる。

4.4 河川堆積物を用いる地球化学図との対比

河川堆積物を用いても地球化学図が作成されることは既に述べた。当地域において、河川堆積物を用いて作成された地球化学図の一例を亜鉛について第10図に示した(上岡, 私信)。ここで、河川堆積物の分析値は稜線に囲まれた河川流域(ポリゴン)の代表値であり、20秒のメッシュに分けて表示されている(伊藤ほか, 1989)。

河川堆積物の元素濃度は堆積岩濃度と比べるとかなり高濃度であるため、濃度の絶対値を比較するのは適当ではない。相対的な濃度分布図として、堆積層による濃度分布図(第9図)と第10図とを比較してみると、図中央部の新川流域にある“多賀層”が高濃度となっていることと、その流域の河川堆積物で高濃度となっていることと比較的よく対応している。これは、“多賀層”の堆積物

が直接河川堆積物に化学組成を反映しているよい例であろう。

一方、上市段丘礫層と額田段丘礫層の化学組成の相違は、一部高濃度地点があるがそれほど明瞭に示されていない。また、北西部の引田層周辺地域で高濃度となっていた様子は河川堆積物の地球化学図では表されていない。これは、河川が小さかったり水田地帯を流れる河川であった可能性もあり、堆積岩の化学組成が河川堆積物に反映されていないためと考えられる。

以上のことから、河川堆積物を用いた地球化学図の場合には、河川堆積物に堆積岩の組成が正しく反映されているか、換言すると河川堆積物がどこに由来するものなのかを正しく理解することが必要である。

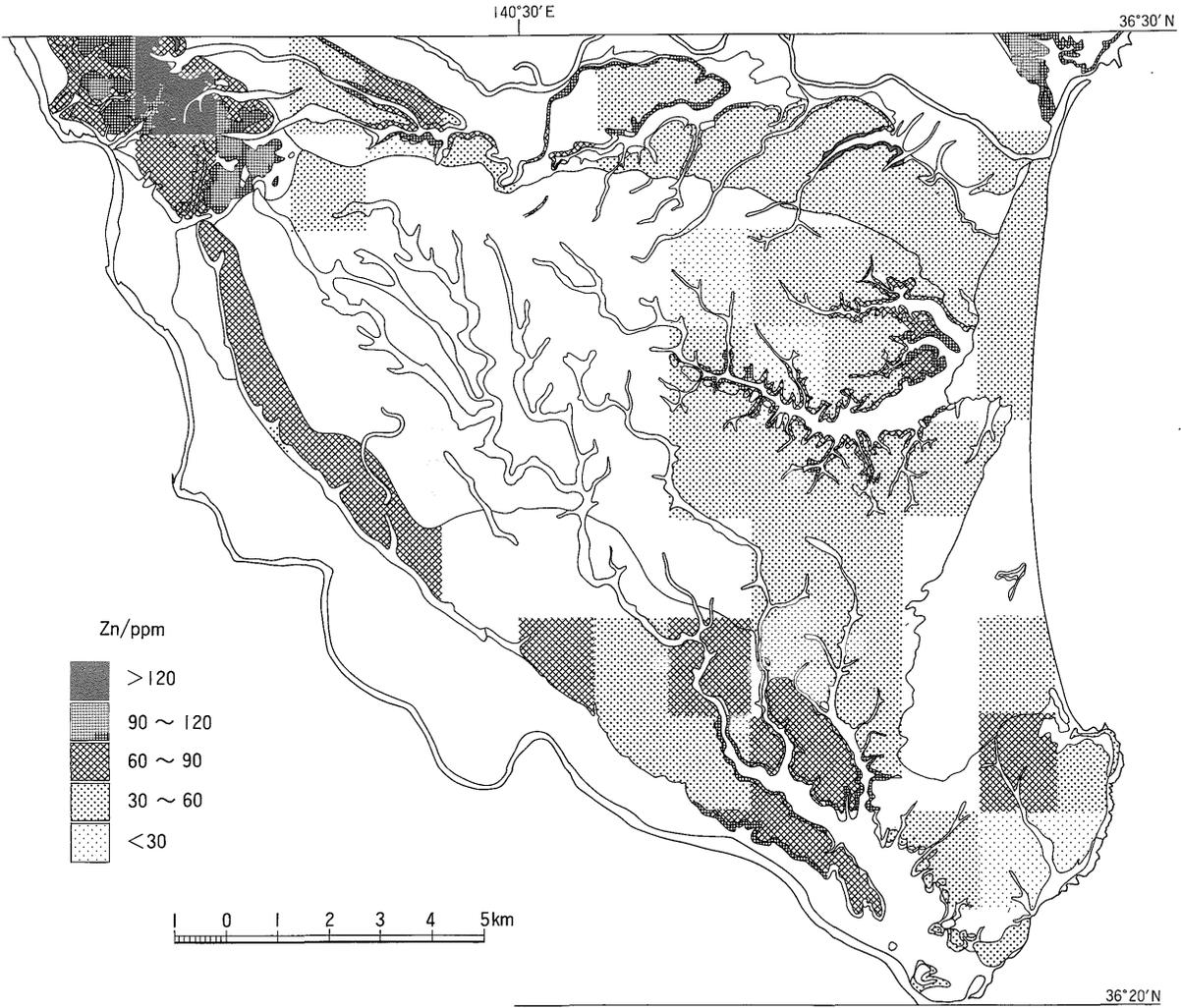
4.4 元素濃度分布図の利用

当地域には鉱山として採掘している地域は含まれておらず、元素濃度分布図に鉱床特有のハローのようなものは認められない。言い換えれば、これは堆積岩そのものの組成図でもある。従って、岩石化学的にも有用な図となると期待される。

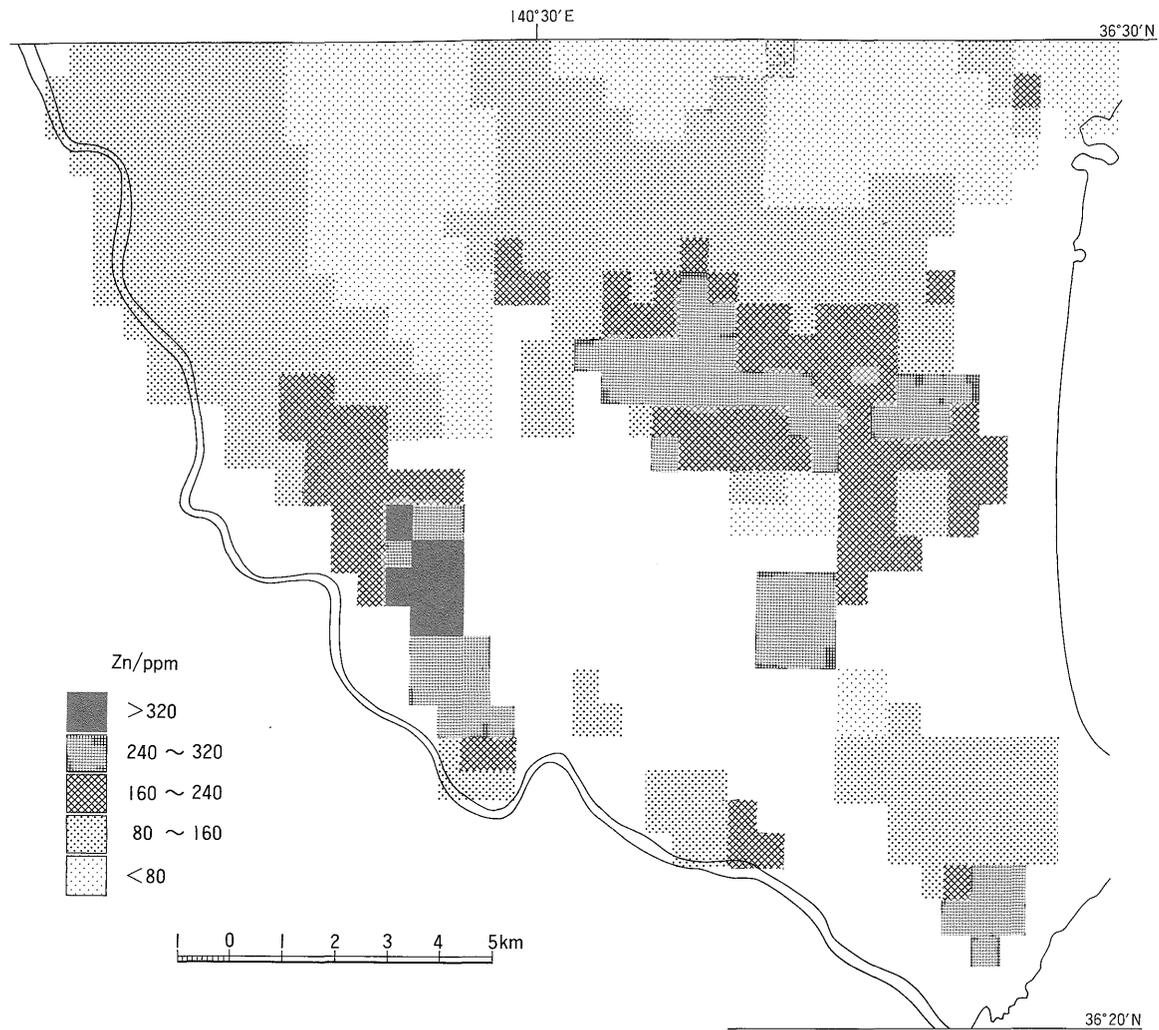
環境化学的には、人為汚染の少ないバックグラウンド図と言える。今後、もし人為的に汚染が起こったとしても、本図はその規模・程度などを見積る上で有用なデータとなりうるものである。また、地殻変動に伴う元素の移動(マグマや熱水に限らず地下水や噴出物なども含む)があったとしても、明らかに検知できると考える。

一方、地球化学図には土壌を用いる手法、河川堆積物を用いる手法等があることは既に述べた。土壌は地表のごく表層部であり、人間との関わりを指標として非常に重要な位置を占め、人間活動に直接影響し、かつまた影響を受けている。しかし、植物が繁茂したり肥料や消毒液がかかったりして、非常に不均質で変動も大きい。このようなことから、土壌を用いる地球化学図は実際上困難と考えられる。また、河川堆積物を用いた地球化学図(例えば第10図)は、試料の代表性や試料採取の便宜などの利点を有し、広域の地球化学図の作成に適しているが、河川の上流域での情報が示され、地球化学図を使った影響評価も河川堆積物に発現するものに限られ、また、河川の無い地域では困難となることが予測される。

以上のことを考慮すると、堆積層を用いる元素濃度分布図は、土壌や河川堆積物を用いた地球化学図では得られ難いような有用性を幾つか有しており、これらを併用するか、または目的に応じて手法を選択することが重要と考える。



第9図 那珂台地における堆積層に基づく亜鉛の濃度分布図



第10図 那珂台地における河川堆積物に基づく亜鉛の地球化学図 (上岡(私信)による)

5. ま と め

茨城県北東部に位置する那珂台地並びに瓜連丘陵は、久慈川と那珂川に囲まれた丘陵地であるが、主として新第三系の旧河谷を埋めるように堆積した引田層・見和層と幾つかの河岸段丘礫層から構成されている。当地における各種堆積物を採取し、 TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Zn , Co , Ni , Cr , V , Cu , Sc , Y , Sr , La , Ba 等の主・微量元素を定量して、その堆積層ごとの平均的な化学組成を明らかにした。その結果、当地域の一般的な傾向として、TUREKIAN and WEDEPOHL (1961)の化学組成と比較し Mg , Ca , Cr , La 等の濃度が低く、 Na , Sc 等の濃度が高いことが明らかになった。

さらに、これらのデータから堆積層に基づく元素濃度分布図の作成を試みた。那珂台地を経緯度1分ごとのグリッドに分割し、その中の地質に相当する試料をそのグリッド内の地質の代表点とする手法で、亜鉛について例示し、河川堆積物を用いた地球化学図と比較検討した。

このような手法は、代表試料としての試料の均質性や試料採取地点の任意性、分析するまでの試料調製にかかる手間などの問題点は幾つか有るものの、

- (1) 新鮮な岩石そのものの化学組成が明らかになる
- (2) 岩石学的・地球化学的な基礎データとして活用できる
- (3) 人為汚染の少ない試料を採取することができる
- (4) 地質図との対応で、各地層の元素濃度の違いとローカルな変動とを併せて理解することができる

等の利点を有していることが明らかになった。

地球化学図は国土基本図のひとつと考えることができ、今後全国土に及んで普及することが望まれている。実際の地球化学図の作成・利用にあたっては、その規模・目的・時間・労力等を考慮した上で、本法や河川堆積物を用いた地球化学図などを併用、もしくは目的に応じた図の利用が重要と考えられる。

謝 辞 本研究を遂行するに当たり、元所員 藤貫 正氏 (現日本分析化学会) をはじめ旧化学課の諸氏から貴重な助言をいただいた。また、田辺文子氏には種々御援助いただいた。さらに、地殻化学部 伊藤司郎氏には粗略に目を通していただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

文 献

FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. and ZINNER, J. (1985) *Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland*, BGR, Hannover, 79

P. HOWARTH, R. J. and THORNTON, I. (1983) Regional geochemical mapping and its application to environmental studies, in THORNTON, I. ed., *Applied environmental geochemistry*, Academic Press, London, p. 41-73.

HJULSTRÖM, F. (1939) Transportation of detritus by moving water, in TRASK, P. D. ed., *Recent marine sediments, A symposium*, Thomas Murby & Co., London, p. 5-31.

今井 登 (1986) 誘導結合プラズマ発光分析法による岩石中の多元素同時定量. 地調月報, vol. 37, p. 515-523.

伊藤司郎 (1986) アラスカ州の地球化学アトラスについて. 地質ニュース, no. 378, p. 21-27.

———・柴田 賢・田中 剛・宇都浩三・安藤厚・寺島 滋・今井 登・金井 豊・坂本亨 (1986) 82.地球化学図による元素のバックグラウンドと人為汚染の評価技術に関する研究. 昭和60年度国立機関公害防止等試験研究成果報告書, p. 1-17.

———・玉生茂子・上岡 晃・安藤厚・寺島 滋・今井登・金井 豊・岡井貴司・坂本 亨・佐藤興平 (1987) 81.地球化学図による元素のバックグラウンドと人為汚染の評価技術に関する研究. 昭和61年度国立機関公害防止等試験研究成果報告書, p. 1-19.

——— (1988) 80.地球化学図による元素のバックグラウンドと人為汚染の評価技術に関する研究. 昭和62年度国立機関公害防止等試験研究成果報告書, p. 1-29.

———・氏家真澄・神谷雅晴・佐藤興平 (1989) 74.地球化学図による元素のバックグラウンドと人為汚染の評価技術に関する研究. 平成元年国立機関公害防止等試験研

- 究成果報告書, p. 1-26.
- 金井 豊・坂本 亨・安藤 厚(1982) 茨城県下の第四紀堆積物の化学組成. 1982年度日本地球化学会年会, 講演要旨集, p. 71-72.
- ・—————・—————(1988) 関東平野北東部における第四紀後期テフラの主成分及び微量成分組成. 地調月報, vol. 39, p. 783-797.
- 関東ローム層研究グループ(1965) 関東ロームその起源と性状. 築地書館, 東京, 378 p.
- 粕 武・安藤一男・宇野沢昭・坂本 亨(1988) 茨城県中部, 瓜連丘陵の第四系泥質層の化学組成・化石珪藻から見た堆積環境. 地調月報, vol. 39, p. 573-599.
- 日本鉱業会地球化学図研究委員会(1980) 地球化学図作成技術研究. 日本鉱業振興会.
- 岡田 啓・山本 徹・高田由紀・楠 憲一・宮久三千年・曾我好郎(1977) 環境バックグラウンド地図の提案と試案. 公害と対策, vol. 13, p. 12-19.
- 大嶋和雄・横田節哉・斎藤文紀・鈴木泰輔・松本英二・池田国昭・羽坂俊一・村瀬 正(1987) 54開口性沿岸海域開発に伴う底質汚染予測技術に関する研究. 昭和61年度国立機関公害防止等試験研究成果報告書, p. 1-34.
- 坂本 亨・田中啓策・曾屋龍典・野間泰二・松野久也(1972) 那珂湊地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 94 p.
- ・宇野沢昭(1976) 茨城県瓜連丘陵の第四系と久慈川・那珂川の河谷発達史. 地調月報, vol. 27, p. 655-664.
- 田中 豊・垂水共之・脇本和昌・辻谷将明(1984) クラスタ分析. パソコン統計解析ハンドブックII 多変量解析編, 共立出版, 東京, p. 226-257.
- THALMANN, F., SCHERMANN, O., SCHROLL, E. and HAUSBERGER, G. (1989) Geochemischer Atlas der Republic Osterreich, ISBN 3-900312-62-1, Wien, 141 p.
- TUREKIAN, K. K. and WEDEPOHL, K. H. (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 72, p. 175-192.
- WEAVER, T. A., FREEMAN, S. H. and BOLIVAR, S. L. (1983) Geochemical atlas of Alaska, Los Alamos GJBX-32, 57 p.
- WEBB, J. S., THORNTON, I., THOMPSON, M., HOWARTH, R. J. and LOWENSTEIN, P. L. (1978) The Wolfson geochemical atlas of England and Wales, Clarendon Press, Oxford, 69 p.

(受付: 1990年2月20日; 受理: 1990年7月20日)

茨城県北東部那珂台地における新生界堆積物の化学組成と元素分布 (金井 ほか)

付表A-1 那珂台地における堆積物の化学組成

location No.	Name	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sc	Y	Sr	La	Ba	
		/ %									/ ppm											
1	Tg	0.40	11.51	4.43	0.05	1.84	1.71	1.68	3.91	0.07	99	4	20	37	60	13	24	37	135	35	389	
2	Mu	0.18	10.60	1.90	0.03	0.62	1.93	2.66	2.43	0.01	33	2	9	11	33	6	10	16	177	16	436	
3	Mu	0.11	8.82	1.22	0.02	0.25	1.12	1.90	2.21	0.02	23	3	6	5	15	3	8	14	117	13	360	
4	Hn	0.34	11.74	7.36	0.10	1.93	2.16	1.78	1.46	0.05	108	12	17	34	73	7	25	52	125	48	390	
4	Mu	0.47	12.72	11.24	0.05	1.92	1.91	1.08	1.96	0.07	113	10	14	60	154	16	42	39	90	22	646	
4	Tg	0.41	11.74	4.49	0.05	1.68	1.64	1.50	1.55	0.17	97	5	27	45	69	17	24	44	103	33	375	
5	a'	0.20	10.32	1.95	0.05	0.68	1.40	2.50	1.53	0.06	31	3	8	14	29	7	10	13	195	22	498	
5	sd	0.41	9.01	2.94	0.08	1.18	2.10	2.17	1.68	0.05	41	5	9	18	52	10	15	18	179	30	408	
6	t0	0.25	12.48	2.35	0.05	0.52	0.64	1.89	2.73	0.06	37	3	10	19	31	9	12	18	127	28	505	
7	sd	0.35	9.13	2.82	0.08	1.23	1.56	2.13	1.12	0.04	36	6	8	21	45	5	16	18	157	25	399	
8	Mu	0.29	10.61	3.12	0.06	0.72	1.48	2.01	1.42	0.03	38	5	7	10	46	6	18	19	137	14	408	
10	sd	0.40	10.57	3.40	0.08	1.53	3.02	2.47	0.25	0.04	41	9	9	53	58	5	23	23	200	28	368	
11	Mu	0.53	8.34	5.55	0.18	1.18	1.78	1.76	1.92	0.03	79	12	8	21	65	4	41	25	134	29	246	
11	sd	0.34	9.78	3.13	0.04	1.47	3.86	0.94	0.91	0.09	85	6	27	44	55	23	21	44	174	30	157	
12	Mu	0.12	8.03	1.68	0.04	0.39	1.16	1.81	1.00	0.02	25	6	6	10	23	4	13	13	98	2	301	
13	t1	0.16	7.15	2.78	0.03	0.43	0.27	1.35	2.99	0.05	33	1	6	12	24	5	12	19	79	20	437	
15	t0	0.23	10.61	2.18	0.05	0.69	0.81	2.18	2.59	0.06	34	4	8	19	32	7	10	15	143	28	490	
16	Tg-1	0.42	12.90	4.06	0.06	1.15	3.22	2.30	3.82	0.07	84	4	11	24	58	11	24	39	187	32	406	
16	Tg-2	0.44	11.84	4.00	0.05	1.20	2.12	2.19	3.13	0.06	86	6	15	27	63	11	25	39	145	26	370	
16	t0	0.32	12.33	2.96	0.06	0.57	0.53	1.70	4.05	0.07	47	2	8	35	37	13	13	17	116	21	559	
17	Mu-1	0.46	12.31	6.31	0.08	1.32	2.82	2.57	0.53	0.05	60	5	9	26	66	4	24	28	182	24	343	
17	Mu-2	0.45	13.67	4.14	0.07	0.97	2.85	2.72	nd	0.06	65	9	9	19	60	6	26	32	210	nd	353	
17	Tg-1	0.44	13.01	4.28	0.05	1.18	2.53	2.32	1.39	0.05	113	7	21	31	67	15	25	42	156	28	358	
17	Tg-2	0.43	12.67	4.42	0.06	1.39	1.64	2.00	3.06	0.06	99	7	15	27	69	14	26	52	125	35	359	
17	*tg/22401	0.45	8.78	4.13	0.04	1.23	1.61	1.80	1.95	0.06	73	28	15	26	61	25			84		326	
17	*tg/22402	0.46	9.11	3.92	0.05	1.13	2.04	2.22	2.02	0.05	94	7	39	28	61	24			103		342	
18	Mu下	0.19	9.18	2.12	0.06	0.90	1.90	2.09	1.76	0.02	32	5	8	15	34	4	18	15	161	1	361	
18	Mu上	0.80	9.38	6.29	0.18	2.20	2.33	1.89	1.19	0.04	75	17	13	30	96	7	48	34	150	36	311	
18	Tg	0.39	12.69	4.80	0.05	1.40	2.12	2.00	2.01	0.05	81	5	13	26	62	12	26	44	143	30	368	
22	Mu-1	0.62	11.76	7.17	0.12	1.71	2.15	2.07	1.88	0.04	80	14	13	24	106	8	35	32	164	29	341	
22	Mu-2	0.24	9.11	2.40	0.07	0.55	1.02	1.62	0.82	0.01	38	5	7	10	41	5	20	15	97	17	381	
22	t1	0.32	10.01	3.54	0.07	0.76	0.63	1.46	1.57	0.04	52	6	6	10	56	9	22	27	72	26	397	
23	Oa	0.25	9.13	2.71	0.03	0.53	0.19	1.32	1.05	0.10	49	4	14	27	42	14	13	25	65	39	517	
24	t0	0.22	11.55	2.28	0.06	0.51	0.52	1.73	2.92	0.03	42	4	9	159	35	8	11	17	106	26	476	
25	M1	0.61	12.20	5.27	0.06	1.95	1.14	1.38	2.68	0.09	126	13	24	50	100	32	27	34	122	36	454	
25	M1/茨2		12.10	0.22	1.45	0.20	0.76	0.84			122	14	28	38		40						
25	M1/茨3		4.47	0.07	0.40	0.80	1.32	1.43			84	13	20	26		26						
25	M1/茨4		2.59	0.04	0.59	1.31	1.94	1.80			74	9	14	20		18						
25	t0	0.27	12.20	2.64	0.04	0.61	0.58	1.80	1.97	0.03	34	7	10	23	41	8	12	18	119	25	526	
26	Mu	0.29	9.40	2.84	0.07	1.01	2.01	2.26	1.40	0.04	42	7	8	18	44	4	21	20	148	18	329	
26	Tg	0.30	12.07	3.18	0.07	1.16	1.29	2.06	0.92	0.05	89	6	14	18	43	14	26	68	84	34	378	
27	Mu下	0.60	11.22	5.18	0.11	0.50	0.57	1.15	nd	0.06	54	10	8	35	103	9	28	34	93	33	385	
27	Mu上	0.33	13.40	2.54	0.04	0.66	1.17	2.46	2.23	0.03	60	6	8	23	45	6	14	19	166	29	519	
27	*tg/22405	0.45	9.25	4.15	0.05	1.37	1.91	1.87	2.01	0.07	97	9	27	26	61	25			101		323	
27	*tg/22406	0.46	9.52	4.30	0.05	1.26	2.07	2.05	2.16	0.06	82	8	20	27	59	21			105		406	
27	*tg/22408	0.28	8.01	2.98	0.06	0.85	3.06	1.98	2.57	0.07	75	4	20	28	36	19			93		404	
28	Mu	0.28	13.66	3.56	0.05	0.65	1.76	2.54	1.55	0.02	51	6	6	58	43	5	15	24	187	21	448	
28	Tg-1	0.41	13.08	4.00	0.05	1.24	1.97	2.18	2.41	0.04	78	7	13	26	73	14	25	36	153	30	410	
28	Tg-2	0.39	12.19	4.45	0.05	1.35	2.42	2.25	0.55	0.04	80	7	14	29	65	12	24	32	136	25	369	
30	Mu	0.27	10.43	3.36	0.07	0.48	0.70	2.00	2.06	0.05	33	6	8	20	47	9	12	19	135	25	485	
31	Hp	0.15	11.08	3.12	0.08	0.35	1.75	2.77	3.07	0.03	90	0	5	8	13	3	26	82	108	38	567	
31	Mu	0.41	9.31	4.27	0.11	1.84	1.17	1.65	2.26	0.04	59	11	10	40	69	8	28	21	112	33	384	
31	t1	0.66	7.96	6.37	0.11	1.65	0.88	1.50	3.02	0.05	82	11	8	23	108	8	28	26	83	28	386	
32	t1-1	0.32	8.78	3.93	0.08	0.84	0.71	1.30	2.24	0.02	51	9	10	14	54	8	21	23	86	19	453	
32	t1-2	0.49	9.03	5.34	0.12	1.42	0.82	1.43	1.82	0.05	69	7	10	25	88	9	27	30	76	28	376	
34	M1	0.28	10.06	2.51	0.03	0.56	0.57	2.07	3.35	0.03	38	4	10	22	39	6	11	18	111	19	478	
34	t0	0.37	13.31	3.14	0.05	0.70	0.60	1.82	2.63	0.04	46	6	12	25	43	9	17	41	115	54	523	
35	t0	0.27	10.09	3.05	0.13	0.57	0.72	1.89	0.64	0.08	35	8	11	22	41	8	12	24	126	33	517	
36	Mu	0.56	12.64	4.34	0.04	0.47	1.00	1.39	1.43	0.08	47	7	14	19	77	11	31	22	109	29	491	
37	Mu-1	0.20	11.02	1.57	0.02	0.35	0.70	1.77	1.27	0.01	28	2	8	15	32	9	12	14	118	17	480	
37	Mu-2	0.18	9.99	1.66	0.03	0.34	0.67	1.81	2.17	0.01	28	3	9	14	29	9	11	12	89	16	416	
37	*tg/22409	0.31	9.01	2.83	0.06	2.69	7.96	1.16	1.60	0.10	61	6	17	36	48	29			183		316	
37	*tg/22410	0.36	8.90	3.36	0.05	1.03	6.62	1.20	1.43	0.12	86	8	32	38	56	37			224		323	
38	Mu-1	0.31	11.38	4.84	0.05	0.75	1.79	2.37	1.56	0.02	43	4	7	16	44	3	18	20	146	19	367	
38	Mu-2	0.21	10.64	2.82	0.04	0.50	1.59	2.34	2.12	0.05	28	3	7	10	31	6	13	16	176	18	424	
38	Tg-1	0.39	9.47	3.88	0.05	1.31	3.46	1.36	2.00	0.08	87	7	31	48	65	27	21	30	167	30	355	
38	Tg-2	0.30	7.72	3.34	0.03	1.11	0.93	1.08	0.94	0.04	92	12	36	41	57	26	17	28	82	26	243	
40	Mu	0.30	8.87	2.68	0.05	0.88	0.72	1.62	1.86	0.03	49	6	4	17	44	7	18	18	101	19	425	
40	t1	0.64	10.73	6.72	0.13																	

地質調査所月報(第41巻 第10号)

付表A-1 つづき

location No.	Name	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Zn	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sc	Y	Sr	La	Ba
						/ %					/ ppm										
45	M1	0.28	11.40	3.95	0.04	0.62	0.64	2.08	2.57	0.06	40	7	8	21	47	10	14	22	117	29	466
45	t0	0.35	10.65	3.20	0.07	1.50	2.62	2.44	0.06	0.03	40	8	8	23	50	5	21	18	189	19	372
46	Mu下	0.19	10.72	3.81	0.16	0.41	0.59	1.92	2.05	0.08	30	7	8	16	31	6	10	14	124	nd	476
46	Mu上	0.21	11.21	1.78	0.02	0.45	0.46	1.88	2.21	0.02	30	4	6	18	32	7	11	17	107	29	490
47	Mu	0.59	12.89	4.04	0.08	0.82	1.94	2.32	0.62	0.02	58	9	9	24	74	6	28	25	138	22	369
47	Tg	0.27	7.38	3.05	0.03	1.04	0.68	0.61	1.24	0.04	92	10	35	42	54	28	15	46	77	40	222
50	t1-1	0.36	11.14	5.93	0.11	0.81	0.74	1.58	0.56	0.11	71	15	9	14	65	13	26	29	79	25	376
50	t1-2	0.41	8.68	5.45	0.10	1.45	1.13	1.50	nd	0.08	62	11	8	15	76	9	27	27	87	26	399
51	t1	0.40	10.12	3.39	0.07	0.79	0.56	1.28	1.35	0.05	57	7	9	17	66	13	26	33	64	27	428
52	Tg	0.35	8.99	3.38	0.03	1.40	1.05	1.00	0.73	0.10	106	4	34	50	62	27	18	35	107	34	299
52	t1	0.42	10.88	4.88	0.15	0.61	0.46	0.88	2.10	0.06	61	8	10	17	83	13	27	30	59	23	392
54	t0	0.29	10.02	2.73	0.06	0.75	0.73	1.97	3.10	0.06	40	4	12	24	44	6	11	16	127	24	480
60	t1	0.33	10.67	4.43	0.21	0.50	0.76	1.40	3.21	0.03	47	13	11	22	66	12	20	16	96	13	408
61	t1	0.32	8.85	3.70	0.07	0.62	0.63	1.29	1.96	0.05	50	3	9	12	54	10	20	29	72	28	386
64	Tg	0.37	11.07	4.01	0.05	1.76	2.41	1.49	1.20	0.07	90	7	32	70	68	20	21	34	132	38	405
65	Tg	0.40	10.35	3.80	0.07	4.13	6.21	1.55	2.19	0.12	83	4	24	46	67	21	22	38	128	34	341
70	t1	0.41	10.66	4.70	0.10	0.72	0.44	1.05	1.80	0.05	88	8	10	17	75	11	27	31	56	12	463
74	Tg	0.43	11.40	4.34	0.05	1.87	2.67	1.71	1.91	0.09	87	9	29	50	68	19	23	38	147	34	407
74	t0	0.28	11.33	3.33	0.03	0.50	0.88	2.17	1.95	0.08	36	2	9	21	43	7	12	16	147	nd	506
75	Tg	0.46	10.80	4.20	0.06	1.94	2.01	1.81	1.24	0.08	85	9	23	95	70	18	22	31	137	31	396
75	t0	0.35	12.50	2.64	0.03	0.80	0.67	1.87	1.76	0.02	50	5	8	30	52	11	15	22	123	42	544
81	Tg	0.35	9.40	3.55	0.08	3.41	5.83	1.60	1.20	0.08	77	6	15	28	52	15	21	40	116	27	493
81	t0-1	0.56	13.43	5.16	0.09	1.29	2.95	2.49	1.32	0.09	76	14	8	28	81	4	36	37	170	32	398
81	t0-2	0.26	11.02	2.22	0.03	0.60	0.60	1.77	3.94	0.04	41	2	6	23	33	6	10	16	121	26	513
82	M1/csd	0.25	9.37	1.82	0.04	0.62	0.90	2.45	1.59	0.04	46	3	11	20	31	7	9	15	130	21	447
82	M1/fsd	0.44	11.74	3.78	0.09	0.99	1.36	2.47	0.77	0.03	49	4	9	28	68	7	17	27	139	43	479
82	M1/バキ	0.45	11.48	3.22	0.06	0.58	0.81	1.83	2.42	0.04	41	7	10	20	60	9	17	18	114	34	431
82	Tg	0.51	12.27	5.33	0.06	1.29	3.06	2.11	2.92	0.10	101	8	20	41	92	16	31	45	159	31	410
82	t0	0.21	10.11	2.14	0.04	0.56	0.93	2.10	0.65	0.03	29	2	7	17	37	6	11	17	126	32	463
86	t1	0.41	11.24	4.46	0.12	0.74	0.41	1.04	1.37	0.05	62	9	135	41	77	13	26	40	53	27	463
87	Tg	0.40	9.97	3.64	0.05	1.13	1.69	1.76	3.18	0.06	101	2	21	30	55	12	23	67	108	42	486
87	t0-1	0.35	10.71	3.68	0.06	0.96	0.97	1.83	1.87	0.07	46	2	8	25	53	10	17	30	121	35	436
87	t0-2	0.38	9.14	2.29	0.03	0.61	0.63	1.93	4.33	0.03	58	6	11	24	45	9	13	15	117	29	485
88	Mu	0.24	11.44	2.37	0.04	0.54	0.71	1.88	1.85	0.05	37	4	14	21	34	8	11	16	138	25	529
91	M1/茨6			3.14	0.06	0.92	1.29	1.75	1.65		94	12	18	4		26					
91	M1/茨7			3.73	0.05	0.80	2.18	2.68	1.66		128	16	23	22		42					
91	n	0.33	9.92	2.71	0.04	0.86	1.59	1.60	2.57	0.06	56	2	7	17	35	10	23	53	88	28	372
91	t1	0.40	13.90	4.74	0.05	0.65	0.38	1.07	1.60	0.03	64	13	10	17	101	24	34	64	54	39	462
92	H3	0.48	14.87	5.70	0.08	0.81	0.47	0.92	1.13	0.02	107	9	7	14	73	12	34	32	48	23	382
92	K	0.60	14.66	6.35	0.07	0.51	0.29	0.41	2.64	0.03	84	13	11	28	116	16	34	36	40	37	413
93	H3	0.47	14.10	4.32	0.01	0.91	0.92	1.27	1.20	0.01	91	4	6	45	82	17	32	20	100	22	427
94	t1	0.43	11.01	4.61	0.11	0.84	0.50	1.20	0.99	0.08	73	13	10	12	96	16	29	38	71	29	455
95	t1	0.60	8.50	5.95	0.11	2.01	0.90	1.45	1.75	0.05	87	11	12	22	117	12	30	67	28	424	
96	H1	0.37	10.09	4.47	0.07	1.45	1.73	2.09	2.02	0.05	64	9	11	19	73	11	25	26	106	23	369
96	H3-1	0.57	16.48	5.20	0.09	1.84	1.43	1.62	1.88	0.08	142	11	16	35	107	36	40	54	106	41	446
96	H3-2	0.64	15.71	3.13	0.04	0.99	0.46	1.43	3.09	0.03	138	7	14	31	128	31	40	49	83	25	402
96	K	0.41	14.52	5.37	0.10	0.50	0.49	0.77	2.31	0.03	71	10	10	17	83	19	33	40	58	28	523
96	Tg	0.36	6.84	2.82	0.03	1.22	0.90	0.69	2.04	0.03	104	4	25	36	45	19	21	38	85	40	310
96	n	0.35	9.22	3.07	0.03	1.31	0.96	0.74	0.40	0.05	103	2	32	42	52	22	20	32	93	32	324
97	H3-1	0.42	10.97	2.06	0.01	1.31	0.77	0.83	1.96	0.04	53	0	9	46	59	26	19	37	154	45	460
97	H3-2	0.52	14.74	5.01	0.07	1.71	1.64	1.74	1.47	0.09	123	4	13	32	99	30	35	58	115	39	429
97	H3-3	0.41	11.48	4.35	0.07	1.26	2.02	2.09	2.36	0.04	62	11	11	19	82	12	27	28	135	23	394
97	H3-4	0.60	14.74	4.12	0.05	0.91	1.26	1.82	1.60	0.02	91	14	8	24	114	23	37	51	118	34	454
97	H3-5	0.40	9.59	3.72	0.05	1.31	3.56	0.99	1.94	0.09	79	3	32	52	66	19	19	32	196	33	349
97	H3/茨36										98	16	14	16		28					
97	H3/茨37										101	18	11	10		25					
97	H3/茨38										118	18	14	12		31					
97	H3/茨39										144	19	13	45		34					
97	H3/茨40										156	14	15	16		31					
97	H3/茨41										100	9	18	38		59					
97	H3/茨42										104	10	18	18		34					
97	n-1	0.12	8.09	2.06	0.10	7.45	10.77	0.48	0.81	0.06	53	1	7	16	16	11	7	38	99	31	202
97	n-2	0.39	9.47	3.33	0.04	1.41	5.34	1.03	2.75	0.09	95	4	34	54	59	22	18	29	246	34	331
97	t1	0.35	11.56	4.86	0.22	0.70	0.60	1.28	1.20	0.05	70	24	12	20	74	20	26	28	63	19	392
98	M1	0.40	11.25	4.33	0.05	0.71	0.87	1.70	1.82	0.02	68	4	11	25	63	13	27	28	97	25	388
98	t1-1	0.51	8.68	5.06	0.10	1.87	0.89	1.56	2.84	0.06	81	9	10	21	86	12	29	32	72	31	410
98	t1-2	0.56	7.67	5.82	0.12	2.28	0.95	1.38	1.50	0.06	80	11	10	24	104	11	32	30	64	28	380
99	H3-1	0.43	12.47	4.71	0.05	1.18	3.23	2.57	nd	0.06	52	4	4	14	82	6	38	23	169	nd	521
99	H3-2	0.51	14.45	5.19	0.07	1.50	2.10	1.83	1.08	0.08	116	9	12	34	117	25	34	48	131	36	422
99	H3-3	0.59	15.12	4.31	0.05	1.73	1.68	1.73	1.41	0.08	113	15	18	39	102	31	35	46	126	45	458
99	n-1	0.32	9.48	2.98	0.04	1.51	3.61</														