HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	海洋底質の化學的研究：第3報 北海道北西海域に於ける海底腐植の分布について
Author(s)	加藤, 健司; KATO, Kenji
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 2(1), 10-30
Issue Date	1951-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22696
Type	departmental bulletin paper
File Information	2(1)_P10-30.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

海洋底質の化學的研究

第3報　北海道北西海域に於ける海底腐植の分布について

加　藤　健　司　（無機化學海藻化學教室）

CHEMICAL STUDIES ON MARINE DEPOSITS

Ⅱ. ON THE DISTRIBUTION OF MARINE HUMUS CONTENTS IN THE SEA TO THE NORTHWEST OF HOKKAIDO ISLAND

Kenji KATO

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

Within restricted areas where the supply of organic matter to bottom may be considered to be constant, it is possible to attribute local irregularities in the organic contents of the sediments to the effects of transporting agencies and topography.

For the purpose of clarifying the correlation between the distribution of "organic contents in deposits", —"marine humus contents"—, and oceanographic or geographic environments, some geochemical investigations have been made of 96 bottom samples from the sea to the northwest of Hokkaido Island.

In this area, the oceanographic environments and the bottom configuration are both very complicated. For example, many banks such as "Musashi" Bank, and the steep crest connecting to "Shakotan" Peninsula, rise on the continental talus, while there exsist some depressions too. Moreover, the complicated currents are fouud to have influence upon the distribution of organic contents in sediments.

The procedure herein reported was to make chemical analyses of the organic of bottom samples. Some statistical observations on these data follow in regard to the relation between the distribution of marine humus contents and the geographical factors, involving the depth of the site of deposition and the topography of the sea bottom.

From these investigations the obtained results may be summarized as follows:

(1) In this area, which consists chiefly of continental talus, ignition loss and organic carbon content increased in proportion to the depth of the site of deposition.

The correlation coefficients in samples between these organic contents and water depths were given as follows;

r_{loss} = 0.463 (on ignition loss)

r_c = 0.344 (on organic carbon content)

(2) However the correlation coefficient on total nitrogen content, indicated a small

value, $r_n = 0.195$, thus it was hardly possible to detect any correlation between total nitrogen content and the water depth.

(3) On the ratio of carbon to nitrogen, C/N, indicating the state of the metabolism of organic substance, it seemed that C/N had no correlation to the water depth, judging from the correlation coefficient, $r_{C/N} = -0.01$.

(4) The averages of data on marine humus contents were given as follows:

$\bar{X}_{loss}$, simple average on ignition loss = 9.68%

$\bar{X}_C$, 〃 on organic carbon content = 1.87%

$\bar{X}_N$, 〃 on total nitrogen content = 0.21%

$\bar{X}_{C/N}$, 〃 on C/N = 9.44

(5) The observed area might be divided to several subareas by characteristics of bottom configuration. The influence of the bottom configuration upon the distribution of marine humus contents was discussed with the confidence limit of population mean ($a = 0.05$) in each subarea. Consequently, on the distribution of marine humus contents, especially of total nitrogen contents, it might be stated that the more complicated the structure of the topography of sea bottom, the more accumulated humus there was. However, it seemed that C/N was little influenced by the topography.

(6) Irregular data on marine humus content were discussed in reference to the results derived from other oceanographic or biological investigations in this area. According to these discussions, it might appear that an extreme excess of contents of total nitrogen was to be found on the banks rising in deep sea, depending upon the presence of planktonic animals, while, on the crest connecting to "Shakotan" Peninsula, the total nitrogen content depended upon the residues of benthic animals. Further, it is very interesting that an anticlockwise circulation of currents was observed in the same area, where an extremly large value for C/N was observed.

(7) A discription on the degree of the variation of marine humus distribution was suggested.

That is "the relative variation of marine humus distribution," V_R, is indicated by the following formula:

$$V_R = S_h / S_d$$

S_h ------- Standard deviation on marine humus content.

S_d ------- Standard deviation on the depth of the site of deposition.

V_R value may be convenient for the comparison of the distributional variations of marine humus contents of several areas, from where bottom samples were brought from different intervals of water depth.

1 緒 言

海底堆積物には、河川により陸地から搬入蓄積された陸成性の有機物と、海洋に生活する動植物の遺骸や、その細菌による分解産物など、種々の形の海成性の有機物とが含まれているが、これらの有

機物は一般に「海洋腐植」、或は「海底腐植」(Marine Humus)[1] と總稱されている。この海底腐植に關する研究が最近米國に於て急激となり、廣く注目を惹くに至つたが、その理由として次の事柄が擧げられている。[2]

(1) 深海底に堆積している有機物は底棲性の動物や細菌の唯一の榮養源であつて、その量の如何は其處に生活する生物の分布に大きな影響をもつていること。

(2) 海底腐植はその底質の物理的及び化學的性狀にも變化を與え、これに伴い底棲生物の性格をも支配すること。

(3) 堆積物中に含まれる海底腐植は、元來海水中に溶存していた炭素、窒素其他の元素が形を變えて固定化されたものであること。

(4) 堆積過程の有機物は石油の起源とも考えられ、新しい堆積物中に含まれる有機物の研究が石油鑛床の研究や、新油田の發見に應用されること。

斯の如く海底腐植の研究が勃興して來たにも拘らず、その定量法について充分滿足すべきものが未だ定つていないのである。而して海底腐植の含有量を代表する指標 (Index) として灼熱減量、有機炭素量及び全窒素量などが擧げられている。灼熱減量はその方法が最も簡易なため古くより、有機物の指標として廣く用いられて來たが、その底質が石灰質であつたり、また深海成の粘土質で多量の吸着結合水を含有するときは、大きくその影響をうけて變動するため、有機物量の指標としては良好なものとは云い難い。また、一部には最もすぐれた指標の一つとして、Kjeldahl 法による全窒素量を提唱している人[2] もあるが、これについても未だ問題が殘つている。一般には、有機炭素量が廣く採用されているが、これについても、未だ充分に信頼し得る簡便な定量法が見出されていない。またこの有機炭素量より腐植量を換算するに當つても學者により意見が異り[3] Trask は 1.72 を、Boysen-Jensen は 2.0 を乘じて腐植量としているが、Waksman[1] は海洋底質より腐植を抽出分離し、その結果より檢討して、有機炭素量に 1.88 を乘じて腐植量とすることが妥當であると論じている。しかし、いづれの場合も、その底質の存在した場所の水深や海底の狀態のほか、底質中の無機成分との結合の狀態や、腐植化の程度、或は新しい堆積物に於ては季節などによつて、必ずしも一定でないことは、著者[4] の有珠灣に於て試みた海底腐植の季節的變化に關する研究によつても明かである。

かくの如く、海底腐植の研究に當つては、先づ第一に、その定量法について充分の檢討がなされねばならないが、それは別の研究に讓り、分析法として可成りの問題もあるが、土壤等に於て常用されている方法に基き分析された灼熱減量、有機炭素量及び全窒素量などを海底腐植の指標として用いても、海底腐植の相對的分布を研究し、海況や海底形態などとの關連性を考察することが出來るであろう。また、これより海洋に於ける有機質の代謝循環過程の一環としての底質の役割の一端を窺うことも出來よう。また、底質中の有機物の給源について見れば、陸源物質のほかに、プランクトン其他の海棲生活の遺骸が考えられるが、それらの遺骸を分解して可溶化し或は腐植化する細菌の役割も看過することは許されない、從つて腐植の分布を研究するに際しては、細菌の問題について充分の關心が拂われねばならないが、これについて Waksman等[6] は腐植量と細菌數との間には密接な相關々係のあることを指摘している。また、海洋全般の有機質源について見るとき、Harvey[7] も述べている如く、陸地より海中に搬入される陸成性の榮養物質は、海洋自體に於て生物遺骸等より多量に生成される海洋性の榮養物質の量に比べれば、海棲生物に對する榮養源的意義は甚だ少ないものと考えられる。尙海洋に於ける有機質代謝と細菌との關係については、Waksman[6,8,9,10,11] 一派の人々によつて詳細な研究がなされたが、其後 Zobell, C. E. 一派の尨大な研究が現在まで續行され、偉大な成果を擧げているが、著者は未だ、その原報に接する機會を得ることが出來ないことを遺憾とする。しかるに、

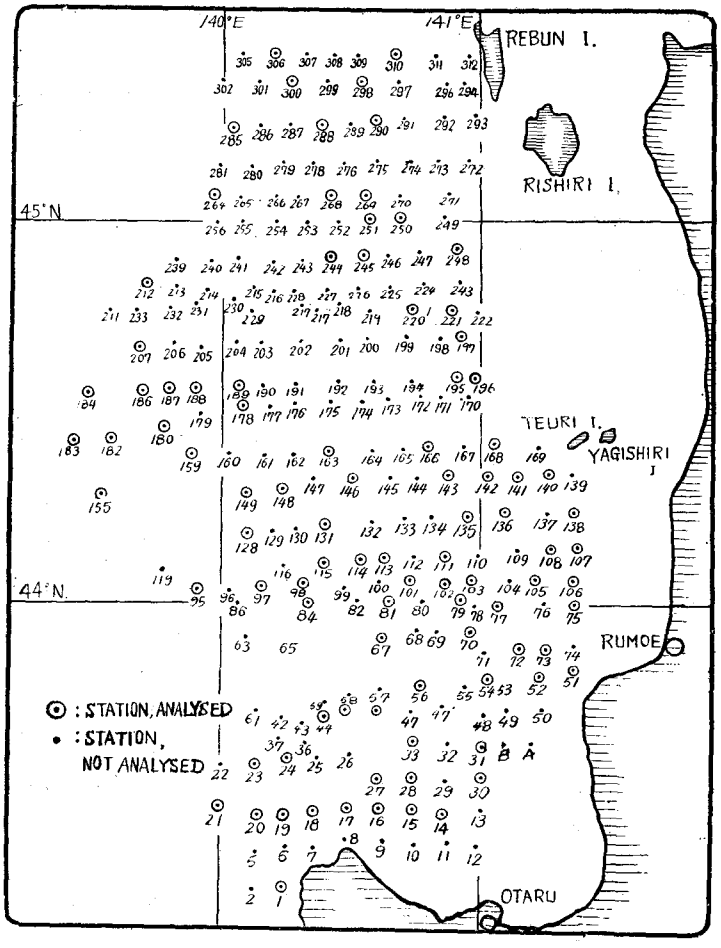
たまたま北部日本海區の深海資源を總合的に開發利用せんとする氣運が起り、同海域の精密調査を行つてその漁場價値を究明する目的を以て、小樽機船底曳網漁業組合を母體として北部日本海深海魚田開發協會が結成され、北海道大學、舊函館水產專門學校（現北大水產學部）及び北海道水產試驗場の協力に依つて、昭和24年夏季、武藏堆を中心とする水深約150～1,200米の北海道北西海域を對象として總合的漁場調査が實施されたが、その折、著者は調査委員の一員として、漁場基礎調査部門の海底形態及び底質調査を擔當する機會を得た。その調査結果の中で漁場環境要因としての海底形態並に底質の性狀に關しては既に報告しておいた。[12]

其後更に當時採取せる底質試料の有機成分の化學分析を實施し、同海域に於ける海底腐植の分布狀態を明かにすることが出來たので、その資料に基き、海洋調査[13]（北大低溫研究所福富孝治教授）及び生物調査[14]（本學部元田茂教授）のデーターを充分參考にして、海底腐植の分布狀態に就いて地球化學的考察を試みたが、その結果を玆に報告して參考に供する次第である。尙、其他の無機成分についても、20地點の試料について化學分析を實施したが、その結果に關しては後報に於て發表する。

本研究に際し御援助を賜つた本學部鈴木昇教授、舊函館水產專門學校教授谷田專治博士（現東北海區水產研究所增殖部長）、並に著者の止むを得ない一身上の都合により、代理として調査船に乘船し採泥に從事した奧田泰造（現東北海區水產研究所員）、及び化學分析に際し同君と共に協力を惜まなかつた中澤三武（現農林省函館農業統計調査事務所員）の諸氏に對して深甚の謝意を表する。また採泥に際しては、練習船おしよろ丸船長櫻庭波三教授（現函館海難審判廳審判官）並に北海道水產試驗場苫米地洋文技官の御協力を賜り、また測定値の推計學的考察に關して函館海洋氣象台長竹內能忠博士並に本學部三浦鐵雄助教授より種々御助言を賜つた。玆に以上の諸氏の御厚志に對して深く感謝する次第である。

なお、本研究は北部日本海深魚田開發調査協會よりの漁場基礎調査費並に文部

Fig. 1 Stations of obseration in the north-western sea to Hokkaido Island. (July～Aug. 1949.)



省科學研究費によつて行われたことを記して謝意を表する。

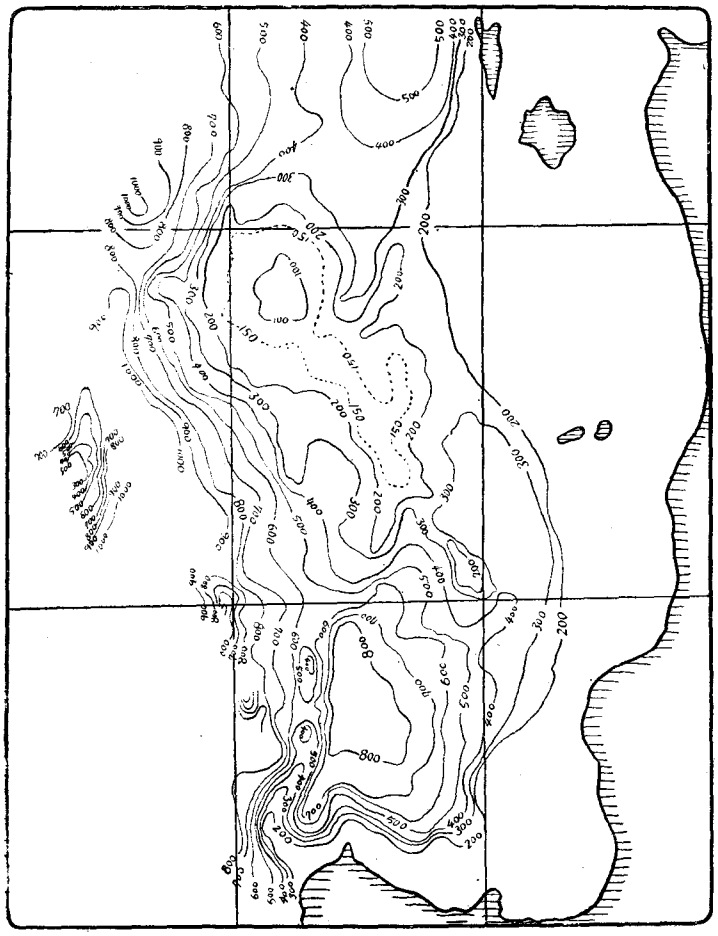
2　北海道北西海域の地理學的概觀

本海域の海底腐植を論ずるにあたり、先づその海洋學的特性と海底構造の概要を述べる必要があるであろう。

玆に北海道北西海域と稱するのは、武藏堆を中心とし、南は積丹半島神威岬南方 43°13′-N より、北は禮文島西方 45°24′N に亘り、東西は 141°17′30″-E～139°24′E に及ぶ北海道北西の所謂マツクァーサー線以内の海域で、その面積約 36,000 平方粁に及ぶ、主として 150 米以深の所謂「北部日本海深海魚田」と稱せられる海域である。

先づ本海域の海底構造と底質の概要を述べる。本海域の主要部をなすものは、44°～45°N と 140°～141°E より區切られた海域に蟠居する瓢形の武藏堆と、それに連なり 44°-N, 141°-N 附近に中心を有する小樽堆を含む水深 300～1,000 米深の陸斜 (Continental Talus) である。その東は利尻、禮文、天賣及び燒尻の四島を浮べ北海道本島に延びる陸棚に連なり、西は日本海中心部の深海に下つている。また、武藏堆と陸棚との中間には、南北に水深約 250～350 米の細長い海溝部が走り、武藏水道と稱せられている。南方海域は、石狩灣に於て陸棚發達し、また積丹半島神威岬沖に突出する所謂「カムサツカ」根は更に急峻な傾斜を以て蛇行北上し一連の海峯 (crest) をなして、武藏堆南端に達している。また、この海峯と石狩灣陸棚の間に、水深 600～800 米の廣範な海底盆地が抱かれている。更に西方深海部には 2, 3 の新浅堆群が聳立しているのも注目される。而して、その底質も陸棚及び深海中の浅堆に於ては砂質、砂泥質であるが、本海域の海底の大部は泥質を以て蔽れている。(第 1, 2 圖)

Fig. 2 Bottom Topography of the north-western sea to Hokkaido Island.

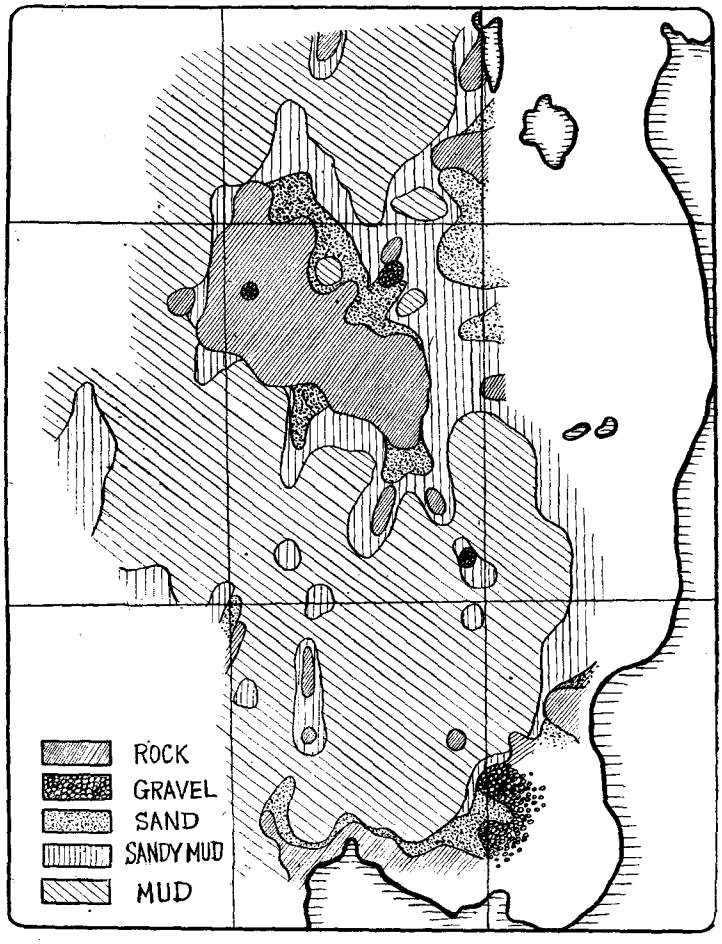


かくの如き複雜多岐な形態が、變化に富む海況と共に、本海域の底質の化學的性狀、特に海底腐植の化學的性質並に分布狀態に大きな影響を與えずにはおかないであろう。

福富博士を中心とする海洋調査班（北海道水產試驗場調査船探海丸）に於て、鋼線傾斜法[13]によつて求めた表面海流分布によれば、余市附近と禮文島を結ぶ線より西の海域は對馬暖流系水によつて蔽われ、この北上する暖流の主流は武藏堆南西斜面に衝突し、武藏堆を迂回して北東方に流れている。この流速の最も大きいところは、武藏堆の南西斜面の衝突部で、1.2節に達して居り、海流の流線の形は海底地形と著しい相關があり、大體等深線に沿つて流れているのも興味が深い。また、この對馬暖流系水と深層水との中間の 500～400 米深の部分にリマン寒流の潛流と推定される「低鹹中間水」が存在することも亦本海域水系の一つの大きな特色となつている。

沿岸の海流は余り著しくないが、利尻島南方と留萌北西沖とに左旋の環流の存在が予想されて居り、その附近に上昇流の存在が期待される。また、沿岸の淺海には、石狩川、天塩川を始め、北海道本島北西部より流入した河水を含む沿岸水系が存在する。

Fig. 3. Distribution of Deposits by the Texture, in the north-western sea to Hokkaido Island.



なお、武藏堆を中心とする海域については、大正14年6月特務艦「武藏」[15,16]により武藏堆が發見された直後、北海道水產試驗場に依り三洋丸及び晴芳丸を使用して武藏堆漁場の調査[17]が行れて以來、最近まで度々漁場調査が行われ、その漁場としての優秀性が認められて來た。また、その間、新野弘博士[18]は海軍水路部の後援を得て同部より提供された底質試料について地理學的考察をなし、同堆上に第3紀層に屬する礫層や泥土が存在する事實より、同堆が古く陸地、またはそれに近い狀態にあつた地塊が沈下したものであろうと推論している。

3　實驗方法と實驗結果

本學部練習船「おしよろ丸」(506噸) によつて行われた漁場基礎調査に於ては、昭和24年7月16日

小樽出港以來、本海域に於て約5浬間隔に予定した調査地點に採泥を試みたが（第1圖參照）、そのうちで、採泥により底質を確認し得たのは258地點であつた。採泥に際しては、丸川式採泥器と、北海道水產試驗場により試作された小型採泥管とを使用し、その投入及び捲揚は「おしよろ丸」裝備のトロ.ーラー用ウインチと、手捲機とを水深に應じて適宜使用した。採泥した底質試料は外觀、色、粘性並に臭氣等を調べ、底質中に混在する底棲生物や、貝殼などの主なるものを分別した後、廣口共栓瓶に入れ、密栓して冷暗所に保管した。尙20個所の採泥現場に於て、奥田[11]によつて底質の酸素吸收量の研究が試みられた。底質中の底棲生物や貝殼の檢索ついては谷田博士にお願いした。また、別にこれらの底質試料について顯微鏡的考察を行い、構成鑛物質の外觀や粒度などを檢すると共に、硅藻遺骸、海綿骨針など、生物遺骸の大體の種類と多寡とを調べたが、その詳細については別に報告してあるので、[12]茲に於ては省略する。

この調査が、あくまでも漁場價値判定の基礎資料を作成するために行われたものであるから、時間的にも急いで結果を出す必要に迫られていたので、化學分析に於ても、拙速を第一としたため、その方法においてはその精度に於て多少の難色があつても、なるべく簡易な方法を採用した。即ち化學分析を擔當する人員の不足と、研究室の設備不完全により、短時間に大量の試料を分析に供することが出來なかつたので、止むなく70°～80°Cで迅速に試料を乾燥し、貯藏に堪え得る程度にして保管した。化學分析を實施するに當つては、殘存している濕氣や、底質成分に吸着している結合水を除去して、化學分析殊に灼熱減量に於ける誤差をなくするため、大體乾燥した試料を秤量瓶に入れ、電氣乾燥器中で100°～110°Cに於て2時間乾燥したものをデシケーター中に保存し、その都度これを分析に供した。

灼熱減量及び全窒素量の定量にあたつては常法に依つたが、有機炭素については土壤分析に常用されるTiulinの簡易滴定法[5]を採用した。即ち、前述の如くして充分乾燥した試料約0.5～1.0gを100c.c.容の三角フラスコに精秤し、0.4Nクロム酸液10～20c.c.を加え、小漏斗を以て蓋をしHot plate上にて加熱し、5分間徐々に煮沸せしめた後、これを蒸溜水で稀釋し、Diphenylamine溶液を指示藥として、N/5硫酸第一鐵アムモン溶液を以て滴定し、酸化分解に消費せられたクロム酸の量より、有機炭素量を求めた。なほ、この際、分析の正確を期するため、同一試料について2,3回分析を實施し、その平均値を以て、試料の有機炭素量とした。

以上の方法によつて定量された灼熱減量、有機炭素量及び全窒素量と、海底に於ける有機物代謝を示唆する有機炭素量と全窒素量との比、即ちC/Nを第1表に揚げた。

Table 1. Tabulated Data of Samples examined.

Station No.	Position		Depth (metres)	Texture of Deposit	Marine Humus Content of Dried Deposit			
	Lat. N	Long. E			Ignition Loss %	Organic carbon %	Total Nitrogen %	C/N
1	43°18′36″	140°13′12″	430	M	8.92	2.23	0.809	2.76
13	43°28′42″	140°55′30″	110	S	9.72	0.64	0.065	9.89
14	43°28′42″	140°47′48″	530	M	12.60	2.90	0.218	13.30
15	43°29′12″	140°41′30″	660	M	12.00	2.59	0.268	9.66
16	43°29′ 6″	140°35′18″	750	M	11.62	2.37	0.240	9.89
17	43°30′30″	140°29′48″	680	M	10.66	2.61	0.243	7.62
18	43°30′24″	140°22′ 0″	648	M	13.32	2.88	0.234	12.29
19	43°28′42″	140°13′ 6″	270	S	4.53	0.52	0.052	10.06
20	43°28′42″	140° 7′48″	907	M	11.03	2.25	0.208	10.80
21	43°30′30″	139°59′12″	616	MsGr	5.76	1.22	0.118	10.35
23	43.36′30″	140° 7′30″	790	M	9.90	2.02	0.188	10.75
24	43°37′18″	140°15′30″	760	M	10.49	2.18	0.492	4.44

27	43°34′18″	140°36′12″	800	M	10.95	2.16	0.246	10.36
28	43°34′30″	140°42′30″	720	M	12.65	3.04	0.244	12.45
30	43°34′30″	140°55′30″	145	Gr. S	5.14	0.64	0.065	9.89
31	43°39′30″	140°56′ 0″	450	M	10.35	2.53	0.267	9.48
33	43°39′30″	140°48′42″	770	M	11.37	2.72	0.278	9.80
44	43°44′24″	140°27′48″	828	M	13.62	2.75	0.654	4.21
45	43°43′ 0″	140°36′54″	796	M	12.08	2.48	0.272	9.12
46	43°43′30″	140°42′12″	770	M	10.50	2.57	0.376	6.84
51	43°50′12″	141°16′ 0″	147	Ms	7.64	1.97	0.154	12.81
52	43°49′30″	141° 9′42″	255	Ms	5.55	2.51	0.114	21.99
54	43°39′36″	140°57′24″	395	M	9.46	2.46	0.253	9.71
56	43°48′24″	140°52′18″	570	M	11.12	2.89	0.319	9.07
67	43°55′48″	140°34′54″	710	M	13.54	2.28	0.291	7.85
70	43°56′48″	140°54′42″	370	Ms	6.66	1.52	0.796	1.91
72	43°54′30″	141° 4′ 0″	238	M	9.30	2.22	0.239	9.27
73	43°54′ 0″	141°10′24″	269	Ms	7.73	1.52	0.156	9.76
75	44° 0′12″	141°17′36″	140	Ms	8.16	1.90	0.220	8.59
77	44° 0′12″	141° 1′18″	418	M	11.81	1.15	0.205	7.26
79	44° 1′ 0″	140°51′30″	390	M	11.57	2.55	0.258	9.89
81	44° 1′ 0″	140 37′48″	645	M	12.59	2.98	0.279	10.69
84	44° 1′ 0″	140°22′24″	565	Ms	10.03	1.87	0 147	12.75
95	44° 3′30″	139 59′24″	950	M	11.88	2.04	0.633	3.23
97	44° 4′12″	140°12′ 6″	690	M	12.17	2.36	0.253	9.32
98	44° 4′30″	140°20′ 0″	590	M	11.14	2.27	0.291	7.71
101	44° 4′ 0″	140°41′54″	555	M	12.76	2.90	0.289	10.04
102	44° 4′24″	140°47′54″	428	M	10.78	2.79	0.266	10.48
103	44° 4′30″	140°53′48″	170	Sm (R)	14.86	2.98	0.355	8.40
105	44° 4′12″	141° 8′36″	340	M	10.19	2.26	0.254	8.89
106	44° 4′48″	141°14′12″	210	Ms	8.62	2.17	0.177	12.28
107	44°10′ 6″	141°17′12″	120	Ms	7.26	1.52	0.254	5 99
108	44° 9′30″	141°10′12″	306	M	7.87	1.88	0.185	10.14
111	44° 9′ 0″	140° 7′54″	400	M	11.49	1.10	0.313	3 51
113	44° 8′36″	140°32′30″	310	Ms	7.57	1.69	0.134	12.62
114	44° 8′13″	140°25′18″	430	M	11.21	2.32	0.294	7 88
115	44° 8′12″	140°16′54″	585	M	13.93	2.15	0.218	9.84
128	44°11′54″	140° 7′12″	734	Ms	8.71	1.37	0.102	13.42
131	44°12′54″	140°26′12″	380	M	13.01	2.13	0.230	9.27
135	44°14′24″	140°55′48″	316	M	12.29	2.40	0.125	19.19
136	44°14′30″	141° 2′54″	333	M	11.47	2.59	0.256	10.11
138	44°14′42″	141°17′ 0″	90	Ms	6.51	1.32	0.086	15.36
140	44°19′30″	141°10′30″	254	Ms	8.98	1.36	0.112	12.14
141	44°19′54″	141° 5′36″	340	M	10.89	2.11	0.307	6.86
142	44°20′ 0″	140°58′54″	320	M	11.29	2.37	0.303	7.81
143	44 20′ 0″	140°52′24″	260	M	8.31	1.82	0.172	10.56
146	44°20′ 0″	140°30′42″	330	M	10.44	1.96	0.183	10.73
148	44°17′30″	140°14′42″	490	Ms	5.95	1.02	0.094	10.83
149	44°17′ 6″	140° 8′ 6″	870	M	12.59	1.95	0.236	8.24
155	44°18′30″	139°34′ 6″	650	Ms	7.37	0.75	0.182	4.12
159	44°23′12″	139°57′ 0″	920	M	11.71	1.83	0.269	6.79
163	44°23′42″	140°26′ 0″	300	Ms	8.08	1 25	0.157	7.99
166	44°23′54″	140°48′ 0″	240	Ms	7.42	1.32	0.122	10.80
168	44°24′ 0″	141° 2′24″	304	M	9.34	2.07	0.256	8.07
178	44°31′18″	140° 5′24″	474	M	11.26	2.21	0.281	7.87
180	44°30′18″	139°50′18″	1200	M	11.47	1.68	0.139	12.17
182	44°24′12″	139°36′ 0″	1115	Ms	7.86	1.25	0.165	7.55
183	44°24′12″	139°28′18″	746	Ms	7.29	0.96	0.076	12.67
184	44°33′42″	139° 31′18″	590	Ms	8.46	1.25	0.150	8.35
186	44°33′42″	139°45′30″	1050	M	10.98	2.07	0.222	9.31
187	44°34′ 0″	139°50′48″	720	M	10.08	1.97	0.229	8.59
188	44°34′ 0″	139°57′48″	470	Ms	11.29	2.12	0.205	10 35
189	44 34′12″	140° 6′ 6″	320	Ms	4.60	0.49	0.060	8.15
195	44°34′18″	140 1′30″	230	Ms	4.15	0.72	0.092	7.82
196	44°34′ 6″	140°55′36″	200	Ms	5.32	1.12	0.150	7.49
197	44°40′24″	140 54′24″	162	M	4.30	0.78	0.152	5.10

207	44 40′54″	140 45′ 6″	750	M	10.74	1.75	0.315	5.56
212	44°47′36″	139°47′54″	370	Ms	12.56	2.17	0.250	8.69
220	44°44′18″	140°42′ 0″	214	M	5.22	1.24	0.142	8.73
221	44°43′54″	140°49′24″	215	Ms	5.51	1 23	0.136	9.05
222	44°43′36″	140°56′54′,	150	Ms	9.54	0.67	0.160	4.16
244	44°53′ 0″	140°28′ 0″	180	SGr	12.13	0.82	0.125	6.55
245	44°52′54″	140°34′30″	360	Ms	10.21	2.02	0.265	7.61
248	44°53′24″	140°53′ 6″	140	S	4.36	0.98	0.173	5.69
250	45° 0′ 0″	140°44′18″	340	M	7.31	2.46	0.292	8.41
251	45° 0′ 0″	140°36′54″	350	M	8.36	1.91	0.282	6.76
264	45° 4′24″	140° 1′30″	512	Ms	9.05	1.42	0.205	6.90
268	45° 3′54″	140°29′12″	320	Ms	7.31	1.34	0.161	8.29
269	45° 3′42″	140°36′ 6″	365	M	9.52	1.89	0.213	8.89
285	45°13′12″	140° 9′18″	600	M	10.48	1.98	0.344	5.76
288	45°13′30″	140°27′30″	420	M	8.76	1.62	0.125	12.98
290	45°13′42″	140°39′18″	424	M	8.94	1.62	0.167	9.68
298	45°19′30″	140°37′ 6″	463	M	11.32	2 32	0.238	9.74
300	45°20′ 0″	140°21′30″	430	M	9.26	1.81	0.253	7.12
306	45°24′18″	140°18′42″	450	M	11.95	2.17	0.179	12.13
310	45°23′54″	140°43′54″	596	M	10.89	2.28	0.183	12.46

4 考 察

A) 全般的考察 :-

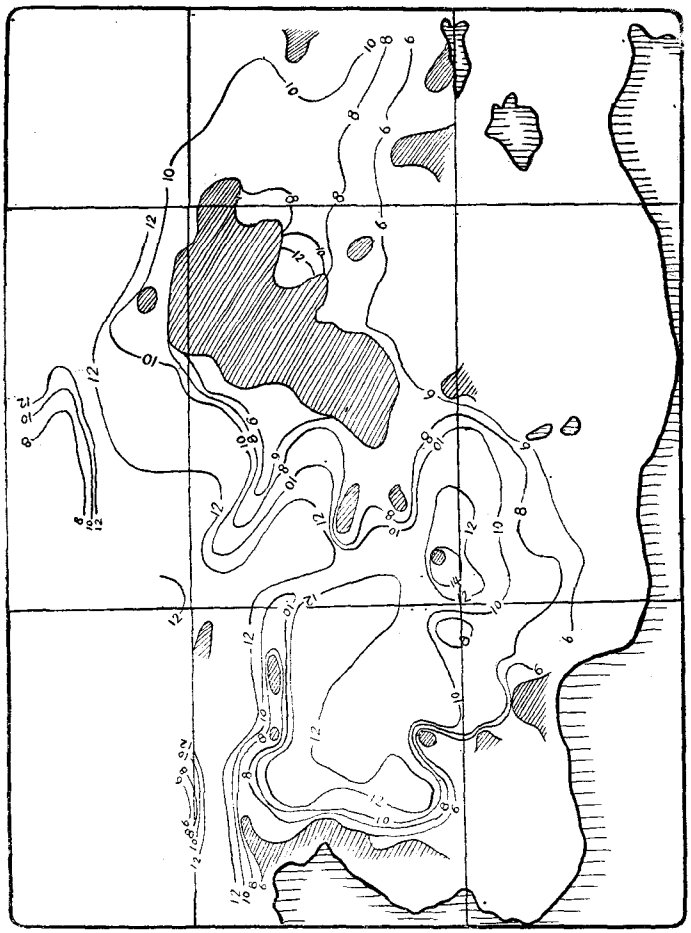
本海域は前述の如く、その海況や海底構造が極めて複雑であるため、海底腐植の分布狀態も變化に富み、その環境條件を反映している。海底腐植の分布狀態を示す一つの指標として、灼熱減量の分布狀態を圖示して、海底腐植の分布の概要を考察することにする。(第4圖)

即ち、海底腐植の分布は、一般に水深に比例して、その量を增す傾向が見受けられるが、また海底の凹處にも多量の蓄積が認められ、海底腐植量の等分布線は大體等深線と並行している樣である。陸地に近い淺海部の砂質に於ては、腐植が少く、灼熱減量は6% 内外であるのに對して、深海部及び海底盆地は共に12% を超える。これに對して、武藏堆南西斜面には、腐植量の少い個所が南西方向に舌狀に突き出し、その特異な分布が注目を惹くが、この舌狀の突出部と對蹠的な武藏堆の北東斜面に腐植の多量に堆積している部分が存在し、興味ある對照をなしている。この特異的な腐植の分布狀態は本海域の海流と深い關連性の存在を示唆している。即ち、北上する對馬暖流の主流は武藏堆南西斜面に於て最も强力に武藏堆に衝突し、主流は左に迂回し本堆の西緣を北上し、一部は右旋して堆の東緣を廻り、北上して行く。而して、この對馬暖流が衝突する斜面に於ては、そのため底質の粒度淘汰が行われ、腐植も泥質と共に海流に洗われて、對馬暖流の主流の方向に低腐植區が舌狀に形成されるに至つたものと想像される。また武藏堆を迂回北上する對馬暖流は、その北東斜面に於て合流し、更に北上するが、その合流點と思われる個所に於て、懸游物質が沈降堆積し、特異的な腐植の蓄積が行われるに到つたものと考えられる。

また、小樽堆附近の海底にも、灼熱減量 14% を超す海底腐植の異常蓄積が認められるが、海洋調査に於て同海域附近に左旋の環流の存在を認めている事實と一致しているのが注目される。

これらの特異な海底腐植の分布は、明かにその海流の特色を反映するものとして特に興味がある。海底腐植の分布を支配するものとしては、この海況のほかに、陸源物質の供給量、水深、海底地形などを擧げることが出來るが、陸源物質の供給は寧ろ推積學の問題であるから、こゝに於ては主として水深と海底地形の海底腐植の分布に及ぼす影響について檢討する。

Fig. 4 Distribution of Ignition Loss of Botton Sample from she north-western Sea to Hokkaido Island.



B) 海底腐植の分布に及ぼす水深の影響 :-

海底腐植の分布と水深との關連性を具體的に檢討するため、灼熱減量、有機炭素量、全窒素量及び C/N などについて、水深との相關係數を求め、更に相關係數の有意性について吟味した[19]。なほ、計算に際しては、これらの値が正規分布をなすものとして、有意水準 0.05 に對する Thompson の棄却檢定法[20] により、標本を吟味し、異常値を棄却したものについて行つた。

第2, 3, 4, 5 表はそれぞれ灼熱減量、有機炭素量、全窒素量及び C/N と採泥地點の水深との相關表である。尙、第6表は、これらの相關表より計算された標本相關係數 (r) を一括し、更にこれらの相關係數の檢定を行つた結果を示したものである。相關係數の有意性の檢定は、先づ母相關係數 (ρ)=0, 即ち「相關がない」という歸無假說を立て、この假說が棄却されるか否かを檢定した。即ち、標本相關係數 (r) より、$t=r(n-1)^{1/2}$ (n は標本數) を計算し、別に有意水準 (a) を 0.01 或は 0.05 として t-分布表[21] より求めた t_0 と比較した。その結果、灼熱減量と有機炭素量については、いずれも $t>t_0$ となり、$\rho=0$ なる假說は棄却され、水深との間に正の相關々係の存在することが明かである。これに對して、全窒素量と C/N の場合は、いずれも $t<t_0$ となり、水深との間に相關がないという假說は棄却されず、從つて關連性があるとは云い切れない。殊に C/N に於ては、$r_{C/N}=-0.011$ で、殆ど完全に無相關的で、水深の差による有意性が全く認められないのは甚だ興味がある。

一般的には、淺海より深海底えと進むにつれて堆積物の有機質の量も減少して行くものであるが、かゝる傾向が日本海についても見られることは、濱口博士[21] によつても指摘されているところである。

しかし、有機物の堆積過程を仔細に觀察すると、必ずしも一樣ではなく、沿岸の淺海に於ては流入する河川や沿岸流の影響を直接反映して、有機物の分布も亦多寡まちまちであるが、漸次沖合に進むにつれて海洋的要素が增加し、潮海流による粒度淘汰も進捗し、底質の構造も漸次微粒化し、砂泥

Table 2. Correlation table for the relation between ignition loss of bottom sample and the depth of the site of deposition.

Water depth (metres)	Loss of ignition (%) 4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	Total
50	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
150	2	2	—	2	1	2	—	—	1	—	1	11
250	2	3	—	2	4	—	—	—	—	—	—	11
350	1	—	1	4	1	4	4	4	2	1	—	22
450	—	1	—	—	3	1	2	6	—	—	—	13
550	—	—	—	—	1	1	3	2	2	1	—	10
650	—	1	—	1	—	—	1	1	2	1	—	7
750	—	—	—	1	1	1	5	2	2	1	—	13
850	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	2
950	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3
1050	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
1150	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	2
Total	5	7	2	11	11	9	16	19	10	5	1	96

γ_{loss} (Correlation coefficient in sample) = 0.463

Table 3. Correlation table for the relation fetween organic carbon content of bottom sample and the depth of the site of deposition.

Water depth (metres)	Organic carbon content (%) 0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	Total
50	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
125	—	4	2	1	—	1	—	2	—	—	—	—	1	—	11
250	1	1	—	—	5	1	—	1	1	—	1	—	—	—	11
350	1	—	—	1	1	1	1	4	6	3	4	—	—	—	22
450	—	—	—	2	—	—	2	1	2	4	1	1	—	—	13
550	—	—	—	—	1	1	—	2	1	2	—	—	3	—	10
650	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1	2	—	7
750	—	—	1	—	1	—	1	1	3	2	2	1	—	1	13
850	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2
950	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	3
1050	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
1150	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2
Total	2	6	3	4	11	4	5	13	15	13	9	4	6	1	96

γ_C (Correlation coefficient in sample) = 0.344

質となり、遂には泥質となる。この間、底質構造の微粒化に伴い、有機物の蓄積も進行し、陸棚が急傾斜を以て深海底に下らんとする陸斜の周縁に於て、その有機物の堆積は極大となり、海底の下降と共に、減少に轉じ、深海底に於て極少となるのである。

本海域の調査に於て、海底腐植の堆積が水深と正相關をなしているのは、一見奇異の感を與えるが、これも本海域が大部分陸斜であることを考えれば、この海域の水深區間に於て、正相關々係が認められるのは當然なことであろう。從つて、更に深海部の試料を得ることが出來れば、撒布圖の回歸線も直線型ではなく、むしろ 700～800 米に頂點を有する曲線型回歸をなすものと思われる。

しかし、以上の關係は海底腐植といつても正しくは灼熱減量と有機炭素量によつて代表されるものであつて、同じく海底腐植を代表する値でも、全窒素量については、前二者程明瞭な相關性を認めることが出來ない。即ち、「相關がない」という歸無假說を棄却しないので、必ずしも水深と明確な相關性があるとは決められず、全窒素量の分布の變動は、水深以外の環境要因、例えば海況や海底形態によるほか、それに伴うプランクトンや底棲生物の分布などにより、相當大きな影響をうけているものと思われる。更に注目すべきは、海底腐植の C/N の分布であろう。本海域の樣な海況、海底形態が極めて複雜で變化に富んでいるにも拘らず、150～1,200 米の水深區間に於て、その海底腐植

Table 4. Correlation table for the relation between total nitrogen content of bottom sample and the depth of the site of deposition.

Water depth (metres)	Total nitrogen content (%) 0.075	0.125	0.175	0.225	0.275	0.325	0.375	Total
50	1	—	—	—	—	—	—	1
150	2	2	4	1	1	—	—	11
250	2	5	4	—	—	—	—	11
350	1	2	3	4	8	3	—	21
450	1	1	2	3	5	—	—	12
550	—	2	1	3	2	2	—	10
650	—	1	1	1	3	1	—	7
750	1	1	1	4	3	1	1	12
850	—	—	—	1	—	—	—	1
950	—		—	1	1	—	—	2
1050	—	—	—	1	—	—	—	1
1150	—	1	1	—	—	—	—	2
Total	8	15	17	19	23	7	2	91※

γ_N (Correlation coefficient) = 0.195
※ Rejected values by Thompson's method (a = 0.05)
St. 1 (440 m depth) ---- 0.809% N
St. 24 (760 〃) ---- 0.492 〃
St. 44 (830 〃) ---- 0.654 〃
St. 70 (370 〃) ---- 0.790 〃
St. 95 (950 〃) ---- 0.633 〃

Table 5. Correlation table for the relation between the Carbon : Nitrogen ratio, C/N, of bottom sample and the depth of the site of deposition.

Water depth (metres)	C/N 2	4	6	8	10	12	14	16	Total
50	—	—	—	—	—	—	—	1	1
150	—	1	4	3	2	1	—	—	11
250	—	—	—	3	5	1	—	1	10
350	1	1	2	9	7	1	—	—	21
450	1	—	—	4	6	2	—	—	13
550	—	—	2	2	3	2	1	—	10
650	—	1	—	1	4	1	—	—	7
750	—	1	2	2	5	2	1	—	13
850	—	1	—	1	—	—	—	—	2
950	—	1	1	—	1	—	—	—	3
1050	—	—	—	—	1	—	—	—	1
1150	—	—	—	1	—	1	—	—	2
Total	2	6	11	26	34	11	2	2	94※

$\gamma_{C/N}$ (Correlation coefficient) = −0.011
※ Rejected values by Thompson's method (a = 0.05)
St. 52 (255 m depth) ---- 21.99
St. 135 (320 〃) ---- 19.19

の C/N の分布と水深との相關係數が全く零に近く、殆ど完全に無相關的である事實は甚だ興味深いものがある。

かゝる複雜な海況と海形地形を有する海域に於てはその海底地形學的位置や、その海區の水系の特色に基いて、海底土中に含まれる有機質はその量のみならず當然化學的性質についても相當の變化が予想される。またその有機物を分解して生活している細菌や微生物の種類も一様ではなく、分解過程も多様であると考えられる。しかるに、本海域に於て C/N の分布が水深と全く無相關的であるという事實は、水深、海況、海底地形の相違により、堆積有機質やそれを分解する細菌の種類が異つているにも拘らず、細菌を中心として行われる海底の有機質代謝が略々一定の、海洋獨特の循環過程を以て進行していることを示唆するものと考えられる。また C/N 値の異常變動はその地點の環境要因の異常性を反映するものと解釋される。

次に本海域に於ける海底腐植の含有量を概觀するために、その標本平均と變動率（標準偏差）を求め、更に F-分布表[20] により、母平均の95%信頼限界の計算を試みたが、その結果を

Table 6. Correlation coefficients between contents of marine humus in deposits and their water depths, and statical approvals to these correlations.

Term / Index on Marine Humus	Number of Individuals	Correlation coefficient in sample (γ)	$\lvert t \rvert = \gamma (n-1)^{\frac{1}{2}}$	t_0 (a=0.01) [t_0 (a=0.05)]	Correlation coefficient in population (ρ)
Ignition Loss	96	0.463	4.513	2.628 (1.985)	$\rho \neq 0$
Organic carbon content	96	0.344	3.353	2.628 (1.985)	$\rho \neq 0$
Total nitrogen content	91	0.195	1.848	2.632 (1.987)	$\rho = 0$
C/N	94	0.011	0.106	2.629 (1.986)	$\rho = 0$

Table 7. Means observed on marine humus in bottom sample.

Term / Index on Marine Humus	Number of Individuals	Mean in sample	Standard deviation	Confidence limit of population mean (a=0.05)
Ignition loss	96	9.68	2.383	9.20 ～ 10.16
Organic carbon content	96	1.87	0.635	1.74 ～ 2.00
Total nitrogen content	96	0.21	0.086	0.186 ～ 0.234
C/N	96	9.44	2.634	8.90 ～ 9.98

第7表に掲げた。

これらの結果を他の海洋の底質と比較して見る。濱口博士[22]が駿河灣の底質試料について有機炭素量として0.54%なる値を示し、また其他太平洋の深海底より得た多數のGlobigerina Ooze, Red Clay等の試料によれば、太平洋の深海底に於ては殆ど完全に有機物を含まぬことを指摘している。これらの値に比べると、本海域の海底腐植の含有量は、有機炭素量として、1.74～2.00%の平均値を示し、著しくその量の多いのが判る。これは最近、濱口博士[21]によつて分析された日本海の底質の有機炭素値も0.5～2.0%で、同博士も、かゝる多量の有機物の蓄積は日本海の底質化學組成の一特色であることを指摘している。尙、Trask[23]によれば、海底腐植（有機炭素量×1.72）として、北太平洋1～1.5%、南太平洋0.4～1.0%、また大西洋0.3～1.5%であるが、本海域の平均有機炭素量より同樣にして海底腐植量を換算すれば、3.21%となる。しかるに、C/Nについて見れば、本海域に於ては9～10（母平均の95%信頼限界）であるが、この値はTrask[23]によつて得られた8～12、平均10なる値とよく一致しているのも甚だ興味がある。

C) 海底腐植の分布に及ぼす海底地形の影響：-

海底地形は、水深、底質の性狀並に海況と共に海底腐植の分布を支配する重要な要因の一つであるが、海底地形による分布の差違を檢討するため、海底形態の特色により、本海域を更に次の6海區に分けて各海區に於ける海底腐植の分布を比較して見た（第5圖）。

(1) 第Ⅰ區… 陸岸に近い水深約100～250米の陸棚部で、その底質は主として砂質。

(2) 第Ⅱ區… 陸棚部と武藏堆との中間を南北に縱走する水深約300～500米の海溝部で、その底質は主として砂泥質及び泥質。

(3) 第Ⅲ區… 石狩灣陸棚と、積丹半島より北上する海峯、並に武藏堆南緣とによつて圍まれる水深約400～800米の海底盆地で、その底質は主として泥質。

(4) 第Ⅳ區… 積丹半島より蛇行北上する、急峻な傾斜をもつ海峯で、その底質は主として砂泥質及び泥質。

(5) 第Ⅴ區… 武藏堆西側の深海部に下向する水深約 300～1,200 米の陸斜部で、その底質は主として泥質で、一部は砂泥質。

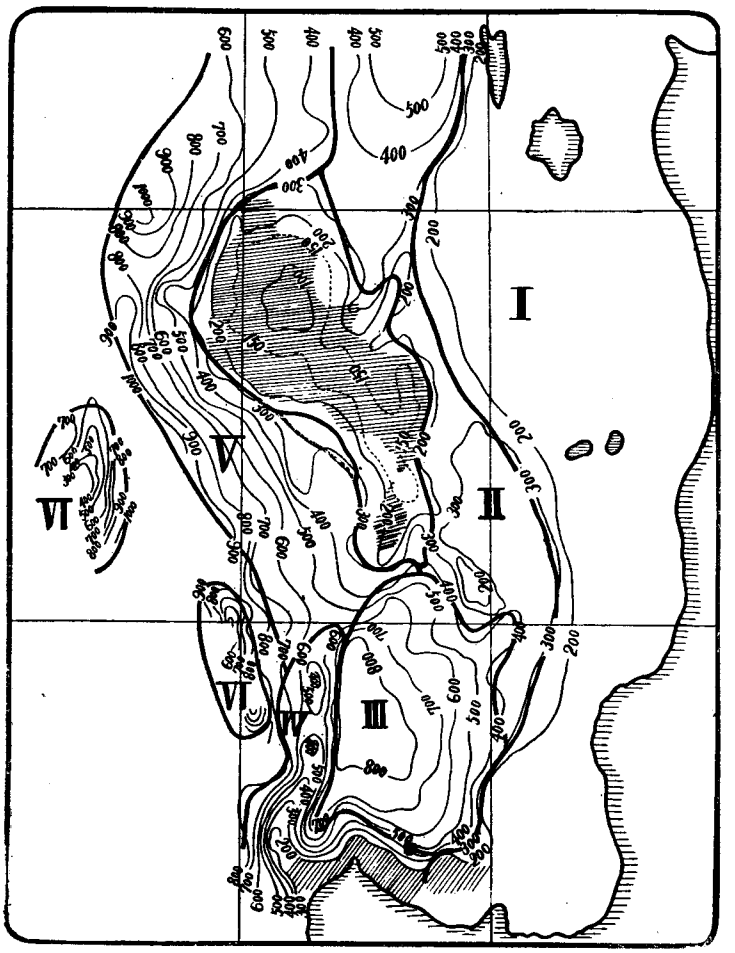
(6) 第Ⅵ區… 西方の深海域より聳立する2,3の新淺堆群で、水深は約 600～750 米。その底質は砂質及び砂泥質。

上記の各海區について、灼熱減量、有機炭素量、全窒素量並に C/N の平均及び分散を第 8 表に掲げた。

これらの結果より、海底腐植の分布を概觀すれば、灼熱減量、有機炭素量、全窒素量は共に、海底盆地（Ⅲ 及び海岸（Ⅳ））に最も多く、海溝部（Ⅱ）と陸斜（Ⅴ）これに亞ぎ、陸棚（Ⅰ）と深海に聳立する淺堆群（Ⅵ）が最も少い。

これらの傾向を更に仔細に檢討するため、各海區の母平均の 95% 信頼限界を求め、各海區に於て分布に有意性が存在するか否かを吟味して見た。即ち海底腐植の蓄積は陸棚より陸斜えと沖に進むにつれて增加するが、各海區に於てはそれぞれ特色ある蓄積を示し、灼熱減量、有機炭素並に全窒素量はいずれも、その母平均の信頼限界が重なることなく、各海區に於て明瞭な有意性の存在を認めることが出來る。また深海中に聳立している淺堆に於て海底腐植の少いのは、腐植の蓄積が深海の隆起部に於て、少いことを示している。海峯に於ける多量の腐植の蓄積は、全窒素の異常蓄積とその變動率の著しく大きな點より見ても海底地形の影響よりも、寧ろ底棲生物の遺骸による異常蓄積のためと解釋するのが妥當であろう。

Fig. 5. Characteristic Sections, devided by topography of bottom, in the north-western Sea to Hokkaido Island.



また海溝部や海底盆地に於ける腐植の蓄積は、海底地形の影響を大きく反映し陸成性堆積物や、プランク

Table 8. The relation between the distribution of Marine Humus content in bottom deposit and the topography of sea bottom. (cf. Fig.5)

Term \ Subarea devided on topography		I	II	III	IV	V	VI
No. of individuals		16	18	16	8	27	4
Interval of water depth (metres)		90～254	300～468	416～800	430～828	300～1200	590～750
Mean depth water (metres)		175± 28	356± 40	601± 82	722±117	592±101	651±110
Ignition Loss %	$\bar{x}_{loss}$	6.67	9.55	11.60	11.20	10.22	7.22
	S_{loss}	1.92	1.47	1.06	1.61	2.22	1.11
	m_{loss}	5.74～7.78	8.93～10.17	11.04～12.16	9.89～12.51	9.35～11.09	5.47～8.97
Organic corbon content %	$\bar{x}_C$	1.23	1.97	2.56	2.41	1.81	1.05
	S_C	0.49	0.42	0.45	0.30	0.44	0.24
	m_C	0.97～1.49	1.76～2.18	2.32～2.80	2.16～2 66	1.64～1.98	0.67～1.43
Total nitrogen content %	$\bar{x}_N$	0.142	0.233	0.271	0.396	0.207	0.135
	S_N	0.052	0.057	0.039	0.232	0.072	0.045
	m_N	0.115～0.171	0.210～0.256	0.250～0.292	0.207～0.585	0.179～0.235	0.050～0.204
C/N	$\bar{x}_{C/N}$	9.27	8.77	9.94	7.85	9.28	7 74
	$S_{C/N}$	3.33	1.96	1.88	1.56	2.66	3.59
	$m_{C/N}$	7.51～11.03	7.80～9.74	8.94～10.94	6.58～9.12	8.25～10.33	3.11～12.37

※ $\bar{x}$: Mean in sample
S : Standard deviation
m : Population mean (Confidence limit (a = 0.05) of,)

トン其他の海生物の遺骸が海底の凹處に沈降集積したことを明瞭に示したものである。

更に海底地形による腐植分布の影響を明かに證明するため、平均水深が同一で（600米）、海底構造を異にする陸斜と海底盆地との分布について比較檢討して見よう。

先づ灼熱減量の母平均95%信頼限界を比較すると、陸斜と海底盆地とではそれぞれ9.35～11.09%、及び11.04～12.16%で、殆ど重ならないが、念のため平均値の差の檢定を行つても（標本平均 10.22 及び 11.60、分散 2.22^2 及び 1.06^2）、兩者に有意差の存在することは明かであつた。また、有機炭素量については、夫々 1.64～1.98% 及び 2.32～2.80%、更に全窒素量についても 0.179～0.235% 及び 0.250～0.292% で、有機炭素及び全窒素については共に、吟味を行うまでもなく、實に明確な有意差が認められる。これらによつても、割合平坦な陸棚斜面と、陥沒せる海底盆地とでは、その海底の地形の差違により、海底腐植の蓄積が異つて來ることが統計的にも明かに證明することが出來た。

以上、灼熱減量、有機炭素量並に全窒素量の分布について海底地形の影響を考察し、明かに影響を認めることが出來たが、その海底腐植の C/N 分布は、各海區の母平均の信頼限界が殆ど重なり合つて居つて、各海區に於て特に有意差を認めることが出來なかつた。これは、海底土の C/N が水深との

場合と同様、海底地形の差によつても殆ど影響されることなく、略々一定の値をとることを示すものである。なほ、深海中の浅堆（Ⅵ）に於ける C/N の偏差が異常に大きいのが注目されるが、標本數が少いため、その理由については速斷しかねる。

なほ、こゝに於て各海區の海底地形による差を檢討したが、實際は各地點の傾斜度との相關を檢討した方が、一層明確な結果が出るものと思われる。海底の微細な構造については、音響測深記錄等によらなければ、その實際の傾斜などは判らないので、止むなく上述の如き手段により海底地形の影響を考察したのである。

その他、腐植の分布を支配する重要な因子として底質の粒度組成なども考えられるが、本研究に於ては、底質試料が少量で、精密な粒度分析を行う余裕がなかつたので、この點については檢討出來なかつた。しかし、本海底に於ては、外觀的ではあるが、底質の粒度組成は水深に比例して微粒化する傾向が明かであるから、水深と腐植分布の關係から底質粒度との關連性を類推しても大過ないものと信ずる。

D) 海底腐植の異常値に關する2, 3の考察:-

海底腐植の分布について、推計學的計算を行うに先立ち、有意水準 0.05 に對して Thompson の棄却檢定法によつて異常値の棄却が行われたが、これらの棄却値や其他の異常値について、海洋調査[13]や生物調査[14]の結果をも參考にして考察を加えて見た。

灼熱減量と有機炭素量については、有意水準0.05に對する棄却値がなかつたので、先づ全窒素量の棄却値について檢討する。

全窒素量で棄却された地點は、第4表に掲げた如く、St. 1, 24, 44, 70, 95 の5地點である。この中 St. 24 と 44 とは積丹半島より北上する海峯上に存在する地點であり、St. 1 は積丹半島川白岬沖の急斜面に位置する。これら3地點は、いずれもが急峻な斜面に位している點に於て類似している。而して、これらの地點は、著者[12]が顯微鏡的に觀察した結果によれば、いずれも海綿骨針が相當多量に存在するのが認められ、從つてその他の底棲生物も亦、相當豐富に棲息していることが予想されるが、これら底棲生物の遺骸が、この3地點に於ける窒素の異常蓄積の一つの大きな原因をなしているものと推測される。また、深海中に聳立する浅堆上の St. 95 に於ける窒素の異常蓄積は、生物調査に於て 140°E 以西に *Calanus plumchrus* の稠密な群聚の存在が認められている點より考え、これらの大型動物プランクトンの遺骸の異常集積によるものではなかろうか。一方、小樽堆南方の St. 70 に見られる窒素の異常蓄積の原因の推測は困難であるが、底質中に珪藻遺骸や海綿骨針の堆積がそれ程多くない點より生物遺骸によるものと推定することは難しく、細菌による有機物代謝が何らかの環境條件により異常となり、無機態の窒素化合物が集蓄されたためとも思われるが、また同地點に近い St. 79 に *Parathemisto oblivia* の群聚が發見されているので、これと關係があるとも考えられる。

次に海底土中の有機質代謝を示す C/N の異常値について檢討する。

C/N について同様の棄却檢定法により棄却された地點は第5表に掲げた St. 52 及び 135 の2地點であるが、有意水準を 0.01 として檢定を行うと、更に St. 1, 70, 95, 111, 138 の5地點が追加棄却されるので、これら7地點について檢討して見る。いまこれら C/N の異常地點のうち、平均C/N 9～10 を中心として、異常小と異常大とに分けてみると、異常小の地點は St. 1, 70, 95 及び 111 の 4地點であり、異常大の地點は St. 52, 135, 138 の3地點である。

この異常小の4地點のうち、St. 1, 70, 95 の3地點については既述の如く、主として生物遺骸の混入による窒素の異常蓄積によつて C/N の不均衡が生じたものであると考えられるが、St. 111 も小樽堆の基部に位し、相當多量の海綿骨針が認められる點などより、主として底棲生物の遺骸の混入によ

るものと想像される。

C/Nの異常に大きな地點は、炭水化物の様な無窒素化合物が、蛋白質の様な窒素化合物に比べて多量に蓄積されている地點である。これらの地點は共に陸棚或は、陸棚に近い海域に存在しているのが注目される。St. 135 及び 136 は、いずれも天賣島と小樽堆の中間に位置するが、海洋調査に於て同地點附近に左旋の環流の存在が確認されている。この左旋の環流は、西方よりの對馬暖流と、石狩川の水によつて大量に稀釋されて北上する沿岸流とによつて起つたもので、その環流の中心部に、石狩川等の河川により運ばれた炭水化物を多量に含む陸成性の有機質が沈降堆積したためであろうと想像される。また雄冬岬沖の St. 52 も亦、石狩川の影響をうけたためと思われ、海岸地形などより、或は附近に同様の小環流が存在するのではなかろうかとも想像されるが、未だ確認はされていない。これら無窒素化合物の蓄積が相當進捗しているにも拘らず、窒素量の含有量の少い有機物組成の生れる原因を説明するのに Waksman[3,9] の海洋細菌による動植物殘滓の分解に關する研究の結果は、甚だ興味ある示唆を與えている。即ち、細菌の細胞物質を合成するためには、窒素源の存在が絶對必要であつて、窒素源が不足すれば、たとえ炭素源が多量に存在していても、その繁殖は阻碍され、從つて周圍に存在する動植物の殘滓の分解が遲れることを指摘し、また實驗的に證明している。これより考えて、これら C/N の異常大なる地點に於ては窒素源が割合に少いため、環流によつて旺に堆積を續ける炭水化物を主體とする陸成腐植を充分に分解し切れず、炭素源が過剩に蓄藏されるに到つたものと解釋することが出來るであろう。

E) 海底腐植の分布の變動率 (Variation) の表示法に關する一つの試み :-

一般に或る集團の測定値の變動率を表わすには、その集團の分散 (V) 或は標準偏差 (S) が用いられている。即ち

$$V=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{k} f_i\,(x_i-\bar{x})^2 \qquad S=\sqrt{V}=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=2}^{k} f_i\,(x_i-\bar{x})^2}$$

但し N は標本數、f は頻度、$\bar{x}$ は標本平均、x_i は標本値を示す。

而して海底形態により分類した 6 海區の海底腐植分布の分散の割合 (變動率) を示すものとして、第 8 表に各海區の標準偏差を掲げた。しかし著者は、この場合の様に各海區の採泥地點の水深區間が異つている場合に、その水深區間の差違を無視して、腐植の標準偏差のみを以て、腐植分布の分散變動を比較することに對して多大の疑問をもつものである。例えば、陸棚部 (I) と、陸斜 (V) とに於て、いずれが、全窒素量の分布に於て變化に富むかを比較する場合、單にその標準偏差を以て、變化を示す變動率とすれば、陸棚と陸斜とは夫々 0.052% 及び 0.072% となり、陸斜に於ける變動率が多い様に見える。かゝる數値は果して、海底形態の相違や海況の複雜性をも考慮した正しい變動率と云えるであろうか。即ち、こゝに陸棚部 (I) と稱する海區は、水深 90～254 米、その水深の間隔は 164 米であるのに對して、陸斜部 (V) は水深の區域は 300～1,200 米、その間隔 900 米に亘り、そこに多大の相違のあることが判るであろう。

玆に於て、かゝる海區の水深區間の差違による腐植分布變動率の矛盾を是正し、その海區の海底腐植分布の特性を發揮した變動率が要請され、これによつて各海區の分布の分散の割合を比較出來る様な新しい變動率が必要となつて來る。若し、比較すべき各海區の海底腐植の分布が、いずれも明かに水深と正の相關々係があるならば、水深に對する回歸係數 (βxy)、即ち

$$\beta xy=r\frac{Sx}{Sy} \qquad \text{(但し、}r\text{ は相關系數、Sx, Sy はそれぞれ腐植及び水深の標準偏差)}$$

を以て、各海區の海底腐植分布の變動率を表わすのも一つの方法と思われるが、海底腐植分布が、水

深と殆ど無相關的に變動する場合或は各海區の相關係數が著しく異る場合には、かゝる回歸係數を用いることは許されない。こゝに於て、著者はかゝる分布の變動を表わす一つの試みとして、海底腐植分布の變動率（或は分散度）と水深の變動率（或は分散度）の比を以て、新しい變動率（V_R）として、各海區の海底腐植の分布狀態を比較して見た。即ち、

$V_R = Sx/Sy$　　但し、Sx 及び Sy は夫々腐植及び水深の變動率（標準偏差）。

いま、かゝる V_R を假に海底腐植分布の相對變動率（Relative variation of marine humus distribution）と稱することにする。第 9 表は海底構造を異にする各海區について計算した相對變動率を示したものである。

Table 9. Relative variation, V_R, on the destribution of marine humus content in bottom deposit.

$V_R = S_h/S_d$　∵ S_h = Standard deviation on humus.
S_d = Standard deviation on water depth.

Index on marine humus / Subarea devided on topography	Ignition Loss ($\times 10^{-2}$)	Organic carbon content ($\times 10^{-3}$)	Total nitrogen content ($\times 10^{-4}$)	C/N ($\times 10^{-2}$)
I	3.6	9.2	9.8	6.3
II	1.8	5.2	7.2	2.4
III	0.7	2.9	2.5	1 2
IV	1.1	2.1	16.1	1.1
V	0.8	1.5	2.8	1.0
VI	1.6	3.5	6 5	5.2

これによれば、陸地に近い陸棚に於ては、河川により大量の陸成堆積物が沈澱し、また、潮海流により粒度の淘汰を受けるなど、陸源物質の供給や水況の變化が最も著しく、地質學的にも不定帶[21]（Belt of variables）と稱せられているがこの海區の V_R は他の海區に比し、著しい大きな値を示し、よくその複雜な環境要因を反映している。しかるに陸岸より遠ざかり、これらの陸性の影響が減じ、海洋性を增すに伴い、海溝部、陸斜と漸次 V_R は減少し、陸棚部、海底盆地、海峯など略々一定の値を示すに到る。即ち、陸棚より深い、泥質の陸斜や凹處に於ては、深層水の移動速度が緩漫で、陸棚において潮海流により粒度淘汰された微細な構造の陸源物質の沈降堆積が、殆ど一樣に行われ、底質の海底風化も進行しているため、海底腐植の蓄積も變動が少く、同じ樣な小さな値を示しているものと考えられ、かゝる V_R 値の推移は、よく堆積過程を反映して興味がある。

これに對して西方沖合に聳立する淺堆に於ては、灼熱減量の變動は差程大きいとは思われないが、有機炭素や全窒素の變動が目立つ。これは深海中から聳立しているため、海流の影響を大きく受け、殊に南下するリマン寒流水域に近いため、寒流性の動物性プランクトンの遺骸が混入堆積するためであろうと想像される。

C/N についても、陸棚に於ては陸成堆積物中の有機質は未だ充分の海底風化を受けていないため、海底腐植化されない部分が多く、その變動も大きいが、陸斜や海底盆地の樣に海洋性の要素が多くなると、陸成性有機物も、海成性の有機物も共に、海底腐植化が進行し、その C/N も漸次一定となり、變動は少くなる。これに對して深海中の淺堆（VI）に於ては、前述の樣にプランクトンや底棲生物の殘骸など、新しい海成性の有機物の堆積が行われるが、それを分解する細菌が割合少いので（奥田[19]の底質による溶存酸素の吸收に關する實驗によつても明かである）、その分解が進行せず充分腐植化していないため、その C/N の變動が大きいものと思われるが、標本數が少いので明かでない。

海峯に於ては、底棲生物の繁殖が旺で、全窒素量も他の海區に比べて著しく大きな値を示しているが、またかゝる生物遺骸の混入のため、各調査地點による有意的變化が大きく、從つて全窒素量分布の V_R が著しく大きな値を示しているものと考えられる。

以上によつても、各海區の V_R は、それぞれ、特色ある値を示し、よくその環境狀態を反映して、甚だ興味深いものがある。

5 摘 要

昭和24年夏季、武藏堆を中心とする北海道北西海域より採取せる96個の底質試料について、その有機物（海底腐植）の理化學的性狀に關係ある灼熱減量、有機炭素量、全窒素量を分析し、また、各試料の有機炭素量と全窒素量の比、C/N、を計算して、この海域に於ける海底腐植の分布狀態を明かにした。

この海底腐植の分布狀態は、その海域の水深、海底形態並に海況等の樣な地理學的環境要因や、その海域に生活する生物の分布などとも深い關連性をもつていると思われるが、その化學分析値をもとにして、それらの環境要因との關連性について、推計學的考察を試みた。次にその結果を總括する。

(1) この北海道北西海域（150～1,200米深）に於ては、表層には北上する對馬暖流系水が存在しまた深層水と、表層水の中間には、リマン寒流の潛流と思われる低鹹中間水が存在し、更に石狩川、天塩川など多數の河川が流入するなど、その海況は極めて複雜である。また、本海域には武藏堆其他の淺堆群や海峯が聳立し、或は海底盆地が陷沒しているなど、その海底地形も仲々變化に富み、海況を一層複雜にしている。

(2) 海底腐植の分布と水深との關係を明かにするため、海底腐植の指標たる灼熱減量、有機炭素量、全窒素、及びC/N等の分布と、水深との相關係數を求め、これら相關係數の有意性について吟味した。即ち、

(a) 灼熱減量と有機炭素量とは、明かに水深と正の相關々係を以て、水深の增加と共に增加の傾向が認められた。これは本海域に於ける堆積過程を反映し、本調査海域が陸棚より陸斜に亙り、陸斜がその主要海域となつている關係上當然のことと考えられる。

(b) 全窒素量は前2者に比し、水深との相關係數も小さく、「相關がない」という歸無眞說を棄却し得ないので、水深との相關があるとは斷ずることは無理で、水深以外の環境要因により、その分布が相當大きく變動するものと考えられる。

(c) 更にC/Nにいたつては、水深との相關係數は殆ど零に近く、水深とは全く無相關的である樣に見え、9～10なる平均値を與えている。

また、底質の粒度組成も、海底腐植と相關性を有するものと思われるが、本海域に於ては水深の增加に伴い、粒度の微粒化する傾向が明瞭であるので、大體水深との關係を以て、底質粒度との關係を類推しても大きな誤りはないものと考えられる。

(3) 海底腐植の分布が海底形態の變化を如何に反映するかを檢討するため、海底形態によつて本海域を6區分し、各區の標本平均、分散及び母平均の95%信頼限界を計算し、有意差を比較檢討した。即ち、海底腐植の蓄積は陸岸からの距離を增すにつれて增加の傾向があるほか、海底盆地などの海底構造の變化に富む區域に於て、多量の腐植の蓄積が見られた。また、全窒素量も大體上述の傾向が認められるが、積丹半島より北上する急峻な海峯に於て、特に多量の蓄積が認められ、またその偏差も最も大きい。しかるにC/Nでは、各海區の母平均と95%信頼限界は殆ど一致しているので、海底

地形による有意差を認めることは出來なかつた。

(4) 海底腐植の異常分布地點について、海洋調査や生物調査の結果を參考にして、その原因について考察した。即ち、窒素が異常に多量に蓄積されている地點のうち、海峯の如く、急峻な海底地形をもつ地點は、主として底棲生物の遺骸の混入に歸因するものと思われるが、140°E 以西の深海に聳立する淺堆上に見られる異常値は、むしろ大型の動物性プランクトンの遺骸によるものではなかろうか。また、異常に大きなC/N 値を示す地點は、主として陸棚に近く、天賣島と小樽堆の中間に位し、海洋調査時に確認された左旋性環流の存在個所と略々一致しているのも興味がある。

(5) 最後に、海底構造や水深區間を異にする海區の海底腐植分布の變動率を表わす一つの試みとして、相對變動率 (V_R) なる値を提唱し、それによつて、各海區の腐植分布の環境要因による變動の度合を比較し、海況や海底構造などによる推積過程の推移を考察した。

9 文　　献

(1) Waksman, S. A (1933): On the distribution of organic matter in the sea bottom and the chemical nature and origin of marine humus. Soil Sci. Vol. 33, pp. 125～147.

(2) Svedrup, H. U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H. (1946): "The Oceans, their physics, chemistry, and general biology", New York. Prentice-Hall. Inc. pp. 964～1,044.

(3) Waksman, S. A. (1936): "Humus" pp. 288～304, Boltimore.

(4) 加藤健司、谷田專治、奥田泰造 (1951): 「有珠灣の水質及び底質について」北水試研究報告第8號、39～68頁。

(5) 東京大學農藝化學教室 (1950): 農藝化學分析書上卷 (昭和24年度版)

(6) Waksman, S. A., Reuszer, H. W., Carey, C. L., Hotchkiss, M, and Renn, C. E. (1933): Studies on the biology and chemistry of the Gulf of Maine. Ⅲ. Bacteriological investigations of the sea water and marine bottoms. Biol. Bull., Vol. LXⅣ, pp. 183～205.

(7) Harvey, H. W. (1928): "Biological chemistry and physics of sea water". Chambridge Univ. Press.

(8) Waksman, S. A., Carey, C. L., & Reuszer, H. W. (1933): Marine bacteria and their role in the cycle of Life in the sea. Ⅰ. Decomposition of marine plants and animal residue by bacteria. Biol. Bull., vol. LXV, pp. 57～79.

(9) Waksman, S. A., Hotchkiss, M., & Carey, C. L. (1933): Marine bacteria and their role in the cycle of life in the sea. Ⅱ. Bacteria concerned in the cycle of nitrogen in the sea. Biol. Bull., vol. LXV, pp. 137～167.

(10) Waksman S. A. (1938): On the oxidation of organic matter in marine sediments by bacteria. Jour. Mar. Res., vol. Ⅰ, pp. 101～118.

(11) Brand, T. von & Rakestraw, N. W. (1940): Decomposition and regeneration of nitrogeneous organic matter in sea water. Biol. Bull., vol. 79. pp. 231～236.

(12) 加藤健司、奥田泰造 (1950): 北海道北西海域漁場の環境要因としての海洋底質について、北部日本海深海魚田調査報告、第1號、15～35頁。(小樽、北部日本海深海魚田調査協會)

(13) 福富孝治、他8名 (1950): 昭和24年夏季に於ける北海道北西沖の海洋調査、前掲、33～78頁。

(14) 元田茂、他2名（1950）：昭和24年夏季に於ける北海道北西海域のプランクトン分布、前掲、79～110頁。
(15) 水路部（1927）：北洲西岸武藏發見の堆、水路要報　第4年第10號（第35號）、483頁。
(16) 水路部（1927）：武藏堆命名の件、前掲、第4年第11號（第36號）、538頁。
(17) 白井勝三郎、今泉覺治（1928）：武藏堆漁場調査報告書、北海道水產試驗場（余市）。
(18) 新野弘（1936）：日本海武藏堆の底質について、地理學評論、第12卷、第2號、85～95頁。
(19) 加藤健司、奥田泰造（1949）：北部日本海の底質について、日本水產學會北海道支部大會（昭和24年9月21日、函館）にて講演。
(20) 河田龍夫（1950）：「統計學概論」、東京、文耀社。
(21) 濱口博、太田直一（1951）：深海底土の化學的研究（其の15）日本海底土の化學組成、日本化學會第4年會にて講演（昭和26年4月7日、東京）。
(22) 濱口博（1941）：深海底土の化學的研究、（其の12）深海底の化學的組成（第5報）日化、第63卷、1,700～1,703頁。
(23) Trask, P. D. (1939)："Recent marine sediments", Tulsa, Amer. Assn. Petrol Geol., pp. 733（文献(2)より引用）。
(24) 小林貞一（1948）：「日本群島地質構造論（中卷前篇）」、東京、目黑書店、113～125頁。

（水產科學研究所業績　第65號）