15. 空港島建設による底質環境の変化

梅村麻希[1]*、八木明彦[1]

[1]愛知工業大学工学研究科（〒470-0392　愛知県豊田市八草町八千草1427）

＊E-mail:*makiumemura@hotmail.co.jp*

中部国際空港島は、伊勢湾東部に2000年に建設された。底泥の工事影響を明らかにするために、２００２年から２００７年に調査を行った。底泥は潜水し、アクリルパイプで採泥を行うコア法とした。そして、底泥を約1cmの厚みに切断し、強熱減量、全炭素、全窒素、全硫黄、全リンについて分析を行った。調査地点付近の堆積速度は0.5cm・year^{-1}であり、２００３年と２００７年の表層（深度0-2.5cm）の強熱減量を比較してみると、工事期間を含む２００３年の値については、浅海域では概ね変化は見られなかったが、深度が深い地点では約２倍程度と顕著に高い値をとった。このことから、深度のある地点で影響を受け、有機物堆積が生じていることが分かった。

Key Words: *Ignition loss, Chubu international airport island, Bottom sediment, Carbon, Sulfur*

1. はじめに

伊勢湾東岸常滑沖に建設された中部国際空港は、日本海洋学会環境問題委員会[1)]が、その水域が特に優れた漁場であり、伊勢湾の漁業に重大な影響を与えると警告していたが、事業者が行ったアセスメントでは「影響は軽微である」として空港島ならびに対岸（前島）の埋立を実施した[2)]。空港運営後には、空港島付近の観測が愛知県と中部国際空港株式会社にとって行われている[3)4)5)]。

本来、常滑沖は木曽三川の水が海水と混じりながら南下する海域で、空港島の南側はいわばよどみとなる。その水域で操業している潜水漁民から、有用貝類が近年激減している原因の調査を依頼され、海底泥のコア採集を潜水漁民の協力を得て調査を実施した。

2. 方法

中部国際空港島と知多半島沿岸にはさまれた海域において、採水と底泥の採取を行った（調査地点図）。地点は図-1に示す空港島の東側と南側の水深5 m前後の極浅海域A1（水深4 m）、A2（3 m）、A3（5 m）、A4（7 m）、空港島水道の水深10 m余りの浅海域B1（11 m）、B2（11 m）、B3（13 m）の7地点である。調査時期は2002年2回、2003年3回の合計5回、2004年2回および2004年2回（空港島より少し北の陸地よりの、当局側の観測点である鬼崎漁港沖のA3観測点（深さ約6m）を追加）、漁船を用い潜水漁民の協力を得て行った。化学分析用の底泥採取は潜水漁民により、アクリルパイプ（直径5.0cm X 長さ50 cm）を底泥に打ち込む方法[6)]で行い（1点2本の採泥）、1-2.5 cm間隔で深度15cmまで切断し、分析に供した。I.L.（強熱減量）は650℃強熱減量を、全炭

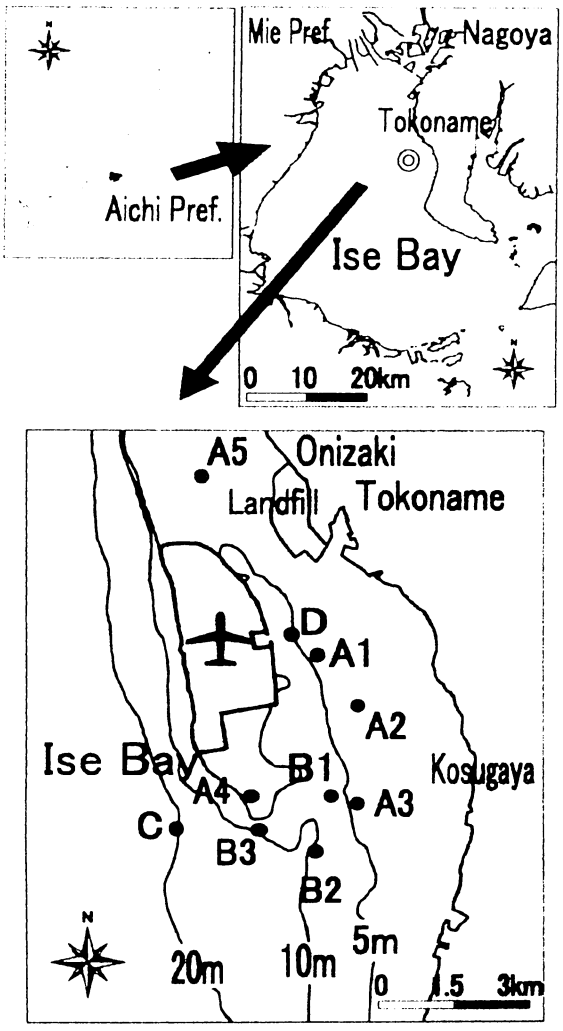

図-1　調査地点図

素(C)・全窒素(N)、全イオウ(S)は元素分析機で定量した。粒度はふるい法(最小粒径はGF/Fで採集)で求め、6分画(75μm以下、75－125μm、125－500μm、500μm－2mm、2-4mm)とした。

これまでに、伊勢湾内10カ所において堆積物中の ^{210}Pb によって鉛直分布を測定し、堆積速度は 0.06－0.76 g cm^{-2} y^{-1} との報告がある[7]。本調査地点であるA10の平均堆積速度は 東海大・加藤久義教授によって、0.50 cm y^{-1} (0.53 g cm^{-2} yr^{1})であることが得られた。そのため、年々の時間スケールで環境変化を明らかにしようとするならば、底泥のコアサンプルは少なくとも 1 cm 程度の厚みで分析を行う必要を考慮して行った。

3. 結果及び考察

(1)粒度分布

有機物含量が高いB1、B2、B3は粒度分布のシルト、粘土画分がいずれもB1で39～40%、B2は31～41%、B3では20～28%と高く、また、B2とB3は極表面0-1cmがこの画分が大きく、1-2cm→2-3cmと小さくなる傾向が明瞭に認められた(表-1)。さらに、A1 については浅いにもかかわらずシルト、粘土画分も11～13%と比較的大きく、水が停滞しやすいことが示唆された。

(2)強熱減量・炭素・窒素・リン・硫黄

炭素と窒素比（C／N）について、２００４年９月～２００５年１０月の極表層（0-1 cm）の結果について平均値で見ると、１０以上の地点はB2(11)、B3（13）, A4 (16)で、７以下の地点はA2（7）, A1 (6) となり、その中間はB1 (9) ,A11 (9)であった。このことから、深度の深い地点（B2、B3）と極浅海域の地点である A4 において分解が進行していると考えられ、深度の浅い地点は比較的に新しい堆積物の影響が強く、B1, A2 はその中間であることが示唆された。一方、C／Nの値について、２００４年９月と２００５年７月の結果を考察すると、極表層の０～１ｃｍ層とそれ以下の下層の値で、明瞭な差が認められ、極表のC／Nの方が小さくなっている。これは、台風による攪乱によってもすぐに内部生産による堆積物が極表層にすぐに沈積し影響が現れていることを示唆していると考えられる。また、このC／Nの鉛直分布から判断し、成層構造が認められる地点は、Ｂ１，Ｂ２，B3, A3, A4 であり、A１と A2 の沿岸に近く、かつ、浅い地点で堆積層の攪乱(約０から７ｃｍ)が生じていたと推定された。ここでは貧酸素状態を考える上で特に重要な、全硫黄についてのみ述べる。深度も深く、強熱減量も大きいB1, B2 及びB3 はいずれも全硫黄も高く、最大値が約 1~5 mg g^{-1} で、また 0~2 cm の極表面層では、表面に近いほど高くなる傾向が認められた。

さらに、比較的浅い A4 においても全硫黄の値は 0.3~0.7 mg g^{-1} 程度測定され、底泥が硫化水素臭を示すことと一致していた。なお、２００５年７月に

は、調査海域が赤潮に覆われていたが、試料を実験室に持ち帰って約半日（１２時間程度）後、すべての観測点の底泥の柱状試料が黒色に変わり、著しい還元状態にあることを示していた。

(3)底泥撹乱について

底泥の年代測定ならびに柱状試料の層別の化学分析などのデータから空港島関連工事の周辺水域への影響やその後の変化などを考えるために、海底上部の海水の動きにより底泥がどの程度撹乱されるか、という問題は極めて重要である。そのため、最も極端なケースと言える台風が１０個も上陸して著しく撹乱されたと考えられる２００４年と、それ以前に底泥表層から１ cm ごとに分析してある年代測定のために採取した２００３年３月の B3 地点（深度 13 m）のデータを比較してみる。後者は図-2 に示すように、炭素量をはじめ、ほぼ４成分とも、表層で最も高い値を示し、３～５ cm の層まで、ゆるやかに減少する傾向を示している。このような底泥の表層付近で有機物量が最も高く、深くなるにつれてある深度まで低下する傾向を示すことは、湖の堆積物の柱状試料の研究等でも、一般に見られる現象で、水底表面に沈積した有機物がバクテリア等により急速に分解されるためと考えられる。なお、この化学

表-1　各地点の粒度画分

station	depth (cm)	75 μ m>	75–125 μ m	125–500 μ m	500 μ m–2mm	2–4mm	>4mm
A1	0–1	4.52	5.89	87.50	2.10	0.00	0.00
	1–2	5.75	7.17	85.47	1.30	0.32	0.00
	2–3	6.34	4.81	85.64	2.82	0.39	0.00
A2	0–1	2.72	0.87	92.07	3.04	0.74	0.56
	1–2	3.11	0.88	90.72	3.36	0.37	1.57
	2–3	2.96	0.95	90.50	4.92	0.68	0.00
A3	0–1	3.13	2.11	79.92	14.84	0.00	0.00
	1–2	2.69	1.30	75.15	20.40	0.45	0.00
	2–3	2.95	1.37	72.91	20.92	1.86	0.00
A4	0–1	1.80	0.30	85.89	11.16	0.86	0.00
	1–2	1.76	0.00	83.18	13.93	0.54	0.59
	2–3	1.77	0.00	82.41	13.32	2.50	0.00
B1	0–1	30.21	9.06	44.80	8.30	3.59	4.05
	1–2	24.10	10.48	50.60	9.24	4.81	0.77
	2–3	26.97	13.73	45.55	6.66	3.43	3.66
B2	0–1	38.29	7.73	35.33	14.14	1.75	2.75
	1–2	22.66	12.11	49.92	12.80	1.96	0.55
	2–3	18.66	12.29	47.83	12.86	2.31	6.04
B3	0–1	16.87	11.88	66.76	3.43	0.73	0.33
	1–2	14.22	9.78	70.17	3.70	1.69	0.44
	2–3	13.94	6.40	73.72	3.22	1.63	1.09

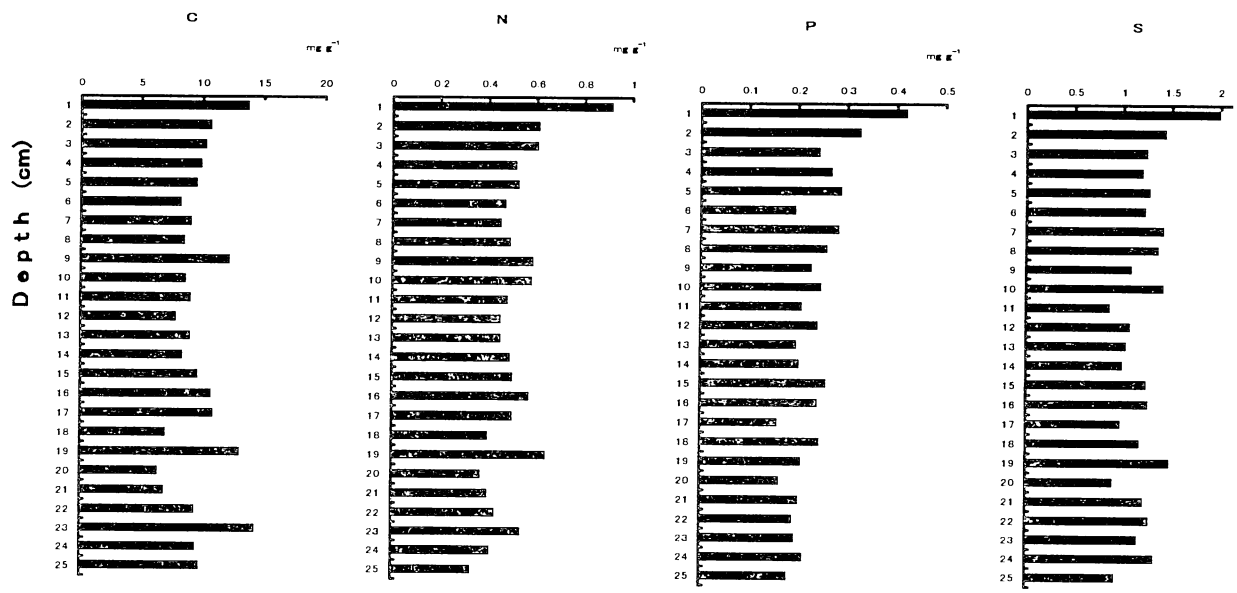

図-2　B3 地点の全炭素・全窒素・全リン・全硫黄

分析の場合は、試料が限られていたため、今後の考察の基礎となる強熱減量は測定していなかった。しかし、有機物量の増減を考察するために、炭素量を用いても常識的に差し支えない。

２００４年７月４日の観測の前には、台風４号（６月１１日）および６号（６月２１日）が来襲し、いずれも伊勢湾の西方を通過しているから、相当の影響を与えたと考えられる。その後、９月１１日の観測も前に、１１号（８月４日）と１６号（８月２９日）が来襲しており、これらも伊勢湾の西北を通過して、この海域にかなりの影響を与えたと思われる。なお、その後も、この海域に影響を与えたと考えられる台風として、１６号（８月２９日）、２１号（９月２９日）、２２号（１０月９日）及び２３号（１０月２０日）の４個が来襲している。

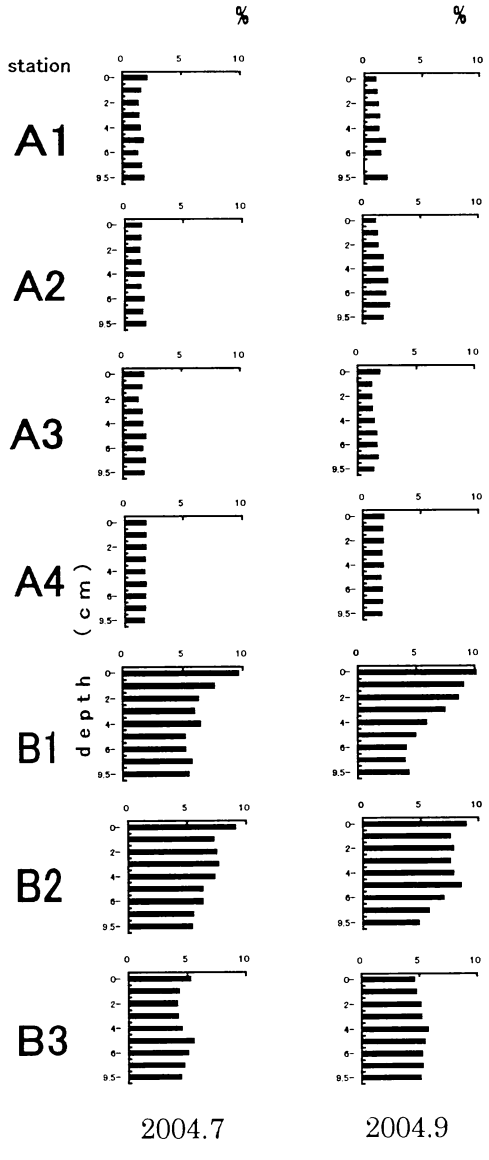

図-３　各地点の強熱減量鉛直分布

まず、２００４年７月４日の観測は、上述のごとく、既に２回も台風が来て相当撹拌された後であった。陸地に近い水深５ｍ以浅のA1、A2、A３の３点について見ると、７月には、A1とA３では12 cmの深さの層まで、一様に混合されており、強熱減量は1.5~2% 程度の低い値を示し、A２でも６cmの深さまで混合され、約1.5%であった。但し、A1では表層の 0~1cm のみ２．２%とわずかに高い値が認められたが、これは台風来襲後の短時間に堆積した有機物によると考えられる。

一方、水深10ｍ以深のB1、B2、B3の３点を見ると、B1では底泥の５cm層から浅くなるにつれて高い値を示し、成層が顕著で攪乱されておらず、特に極表層の0~1 cm層は10%を超え、有機物の堆積が著しかったことが明らかであった。B2 では 0 cmから3~4 cmまでの混合が見られるが、この層の有機物量は、それより深い層よりも高い傾向があり、ここでも有機物の沈積があったと考えられる。最も深いB3でも1~4 cm層は混合されており、4.1%程度の値で、5~6 cm層は5.8%と極大値を示し、その下は12 cmまで徐々に低下して4.3%になった。このように10ｍ以深の点でも、B1のように攪乱されない場合もあったが、台風の影響で底泥表層から4~5 cmまでは撹拌・混合されたといえる。

９月１１日の観測は、さらに２回の台風が来た後であったが、A1の0~3 cm層の強熱減量は1.2%と非常に低く、海水の動きで攪乱、流失されたものと思われる。A３は極表面の 0~1cm のみ 1.5%と高い有機物沈殿が見られたが、これより深い層は７月とほぼ同様の値を示し、攪乱されたままであった。B3も同様に4~5 cmで極大値5.8%が見られ、約４cmまでの混合が認められた。しかし、７月に認められた表層のみの若干高い値は、９月にもA２、A３で観測された。９月には2~5 cm層はほぼ一様で、攪乱されていたと推定されるが、表層 0~2 cm 層で5~10%という高い値が見られ、ごく短い期間に多量の有機物の堆積が行われたと示唆される。

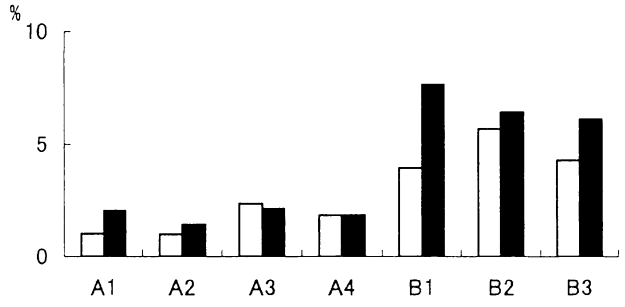

図-4　表層（深度 0-2.5cm）の強熱減量の 2003 年と 2007 年の比較

なお、空港南の A4 は、水深 6.3 m であるが、既に述べたように海水の動きの影響を受けやすい位置にあるため、7月、9月とも 1.8~1.9%と有機物も少なく、表層から 12 cm まで、よく混合されていた。これは海底が上に凸の形状であるため、新生堆積物が他へ流され易いためであると考えられる。

以上述べたように、２００４年の観測前１ヶ月以内に台風により２回も攪拌された７月の観測の際は、陸地に近く、水深５m 以浅の３点では、２点で深さ 12 cm まで、１点で６ cm まで混合されていた。また、以上のごとく、２００４年のように特に台風襲来の多い年でも、陸地に近い極浅い観測点では深さ 10cm 以上も底泥が攪拌されたが、水深 10 m 以上の観測点では海底表層から 4 cm くらいの深さまでしか攪拌されなかった。したがって、年代測定により堆積速度が年に約 0.5 cm と推定されている以上、空港建設工事に伴う周辺水域の海底環境の変化を底質から見るために、毎回、採泥器で約 10 cm の深さまで試料を採取し、それをよく混合してから分析している事業者側の手法では、１０年足らずの間の変化が把握できないことは明らかである。

(4) 工事前後の強熱減量の比較

各地点の表層（深度 0-2.5cm）での2003年と2007年の強熱減量の値を比較した（図－4）。年代測定の結果から、約5年分に相当する層であるといえる。すなわち、2003年時の値は1999年から2003年に相当し、2007年の値は2003年から2007年の値に相当する。深度のある B1、B2、B3 地点では2003年の値が顕著に高く、2007年の値に対して平均すると150%の値、極浅海域の A2、A3、A4 では、112%の値、TS4では深度が浅いが、190%の値をとっている。空港島の建設工事は、2000年11月に開始されたことから、建設時の底泥への影響は、特に深度の深い場所で顕著に現れていることがわかった。このように、A4 のように海底が凸の形状をとる場所や、A1 のように極浅海域においても、影響が認められたことからも、底泥汚濁の進行は明らかとなった。

謝辞：本研究では、２００２－２００３年にプロナトゥーラ・ファンド第１３期、２００６－２００７年には住友財団の研究助成を受けた。この調査では日間賀島漁業組合の潜水漁民の方々に、底泥のサンプリングに際して多大なご協力を頂いたので、深く感謝申し上げる。

参考文献

1) 日本海洋学会海洋環境問題委員会（1999）：閉鎖性水域の環境影響評価に関する見解—中部国際空港人工島建設の場合．海の研究，8(5)，349-357.

2) 中部国際空港株式会社・愛知県(1998)：中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立て造成事業に関する環境影響評価準備書(要約書)，269pp.

3) 中部国際空港株式会社・愛知県(2003)：中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業並びに空港対岸部埋立造成事業に係わる平成14年度環境監視結果年報，442pp.

4) 中部国際空港株式会社・愛知県(2004)：中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業並びに空港対岸部埋立造成事業に係わる平成15 年度環境監視結果年報，426pp.

5) 中部国際空港株式会社・愛知県(2005)：中部国際空港建設事業及び空港島地域開発用地埋立造成事業並びに空港対岸部埋立造成事業に係わる平成16 年度環境監視結果年報，464pp.

6) 環境庁水質保全局（1997）：海洋環境モニタリング指針、財団法人日本海環境協力センター，136pp.

7) Lu, X. and E. Matsumoto (2005): Recent sedimentation rates derived from ^{210}Pb and

^{137}Cs methods in Ise Bay, Japan. *Estuarine, Coast. Shelf Sci.*, 65, 83-93.

(受付)