

# 立山カルデラ内の泥鱈池における堆積物試料の調査・分析報告

西地 和貴、柏谷 健二、室井 克則、國香 正稔

## 1. はじめに

過去数十年から数百年という比較的短期間での地形環境の変動を検討対象とする場合には、水による侵食・運搬・堆積という水文地形学的プロセスの直接的な影響が非常に重要となる。流域—池沼という一つの系を対象とした場合、流域において生産された土砂の多くは下流にある池沼に堆積していくため、池沼堆積物には流出土砂量あるいは侵食力に関する詳細な情報が連続的に含まれている可能性が高い。従って、これまでも堆積物の物理特性から、流域における過去の水文特性や侵食環境を復元しようとする試みがなされてきている（例えば、柏谷ほか, 1988）。

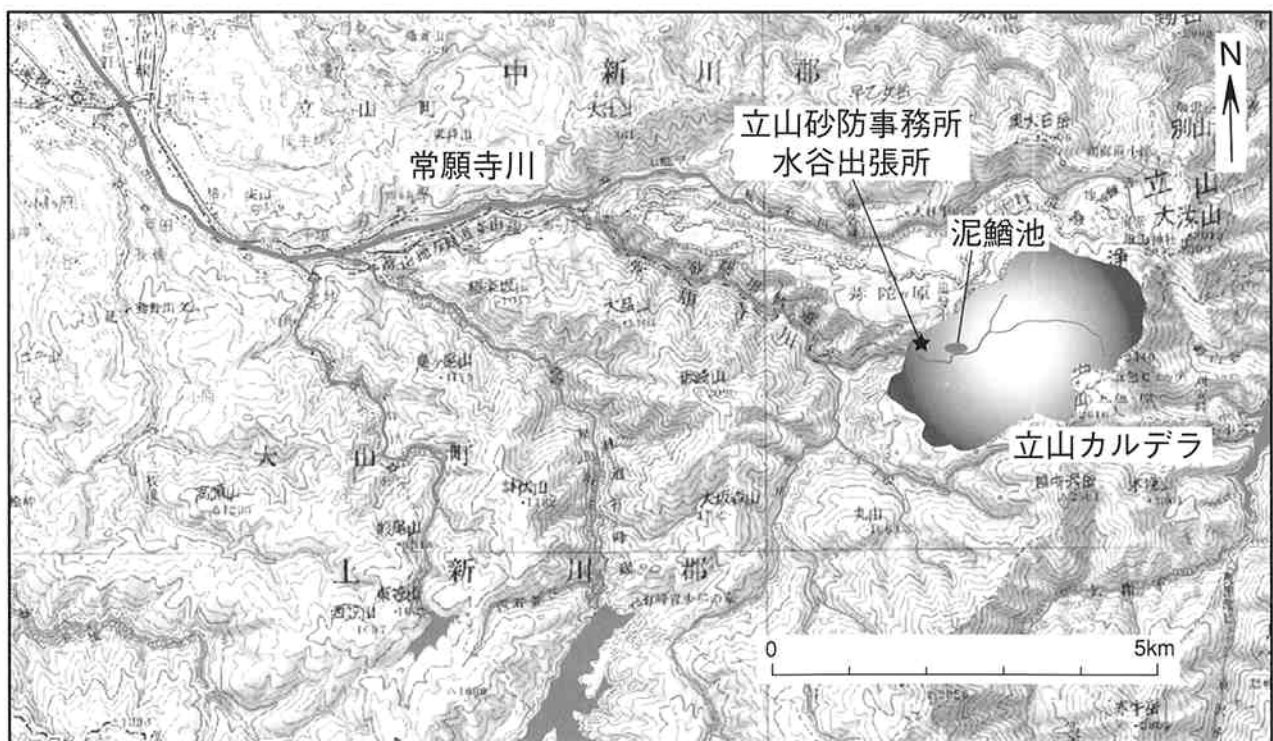
現在、金沢大学の水文地形環境学グループでは、様々な地域の池沼における堆積物を用いて、その物理特性から流域における水文地形プロセスの推定を試みている。研究対象の一つである泥鱈池は、崩壊や土石

流などによる地形変化が顕著な立山カルデラ内にその流域を持っており、その堆積物を用いることによって流域内で起きた地形変化の推定が可能であると思われる。また、冬季の積雪量が多いことから、融雪水による侵食、運搬のメカニズムも議論できる可能性もあると考えられる。

ここでは、流域の水文地形プロセスの変化を記録していると思われる、泥鱈池の堆積物について分析した結果を報告する。

## 2. 研究対象地域

泥鱈池が位置する立山カルデラは、富山県常願寺川源流部にあり（図-1）、立山連峰を構成する弥陀ヶ原に隣接した地域の東西約6.5km、南北約4.5kmの楕円形の窪地である。また、立山カルデラは侵食カルデラと呼ばれ、立山火山の活動により約10万年前に形成



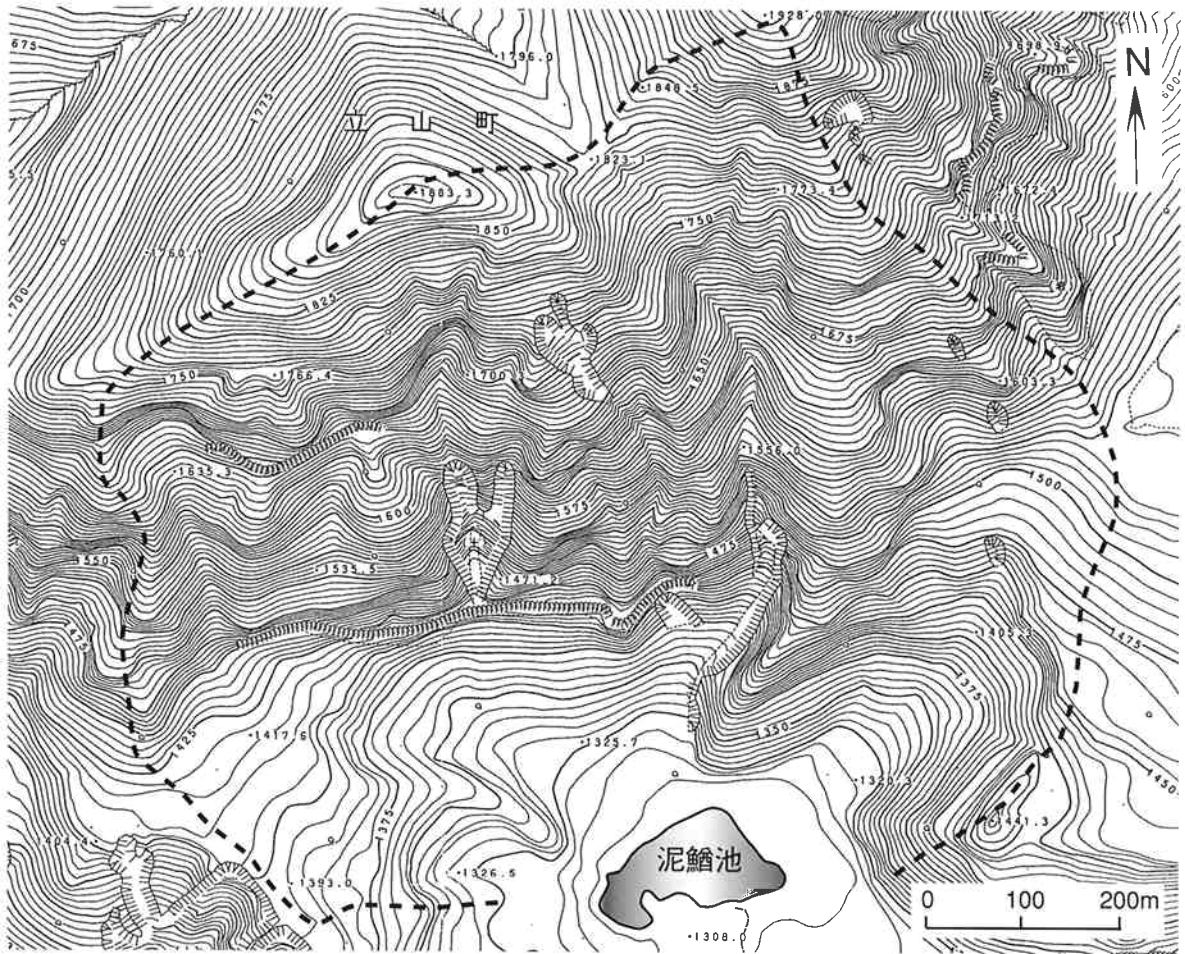


図-2 泥鱒池流域の地形図。点線は分水嶺

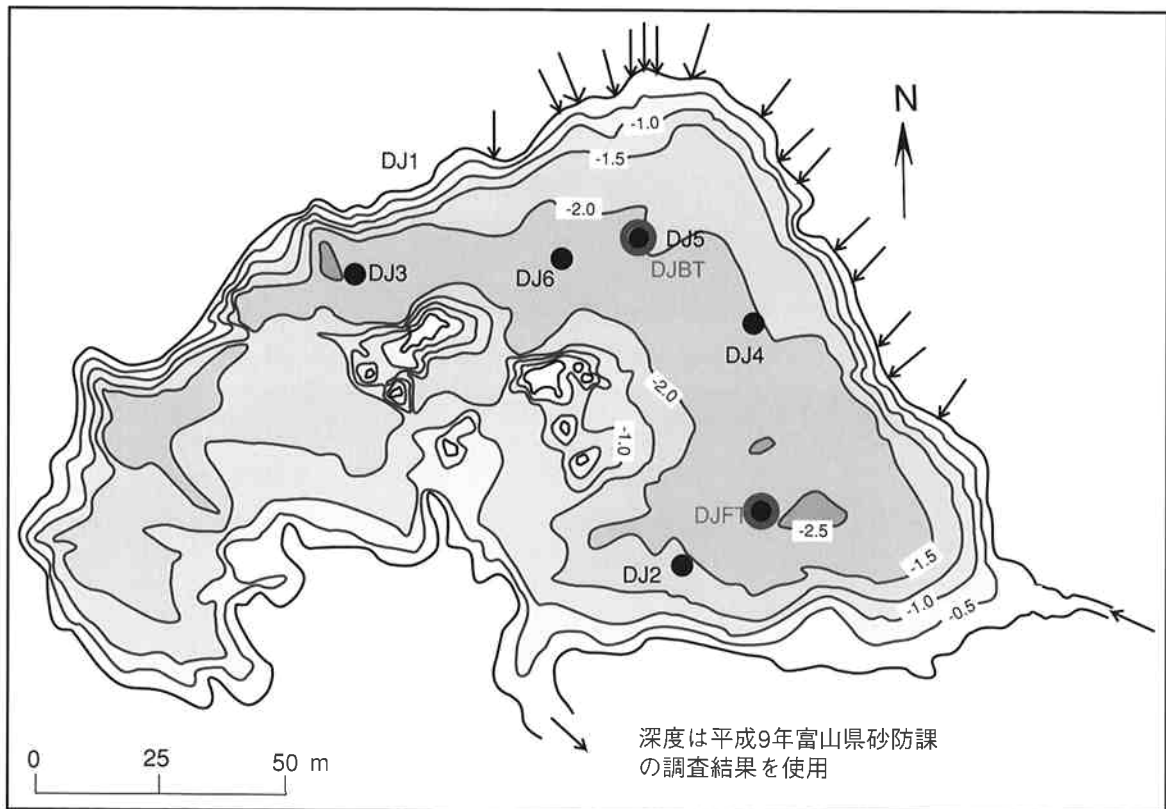


図-3 泥鱒池の等深線図及びサンプリングポイント

されて以来、侵食と崩壊を繰り返してきたと言われている（藤井, 1997）。中でも1858年（安政五年）の飛越地震の時に発生した鳶崩れは有名であり、それはカルデラ内を流れる川をせきとめ、天然ダムを形成したが、その後のダムの決壊によって下流の富山平野に洪水と土石流をもたらした（立山カルデラ砂防博物館, 1998）。泥鱒池は、そのときにできた天然ダムの一つであるとされているが、その成因はまだ明確ではない。

現在の水域面積は1.92ha、池表面の標高は1310mである。泥鱒池流域の地形図を図-2に、泥鱒池の等水深線図を図-3に示す。

### 3. 試料の採取と分析

#### 3.1 試料採取

堆積物の採取には二つの方法が用いられた。一つは、内径5cm、長さ1mの柱状チューブを接続した重力式コアサンプラー採泥器を水面から重力落下させ、厚さ数十cmの堆積物を採取する方法と、もう一つは、内径40cm、深さ10.5cmのセディメントトラップを池の底に設置し、堆積物を毎月採取する方法である（図-4、5）。前者は過去数十年の記録を復元することを目的とし、後者は他の観測結果とともにそのプロセスを明らかにすることを目的としている。

コアサンプラーの柱状コアでは、おおよそ表層から

30～50cm程度の試料を採取することができた。これらは研究室で1cm毎に切断され、それぞれは各種の分析に用いられた。コア試料は、2002年と2003年に採取したDJ-1、DJ-2、DJ-3、DJ-4、DJ-5、DJ-6の6本について分析を行った。

セディメントトラップは、2001年6月13日から2箇所（DJ-FT及びDJ-BT）に設置している。試料は、110℃で24時間以上乾燥させた後、重量を測定した。乾燥後の試料は、コア試料と同様に各種の分析に用いられた。

採取地点については、池の中でも比較的流入河川に近い場所の堆積物は、一度に大量に流入した土砂によって占められている可能性があるため、河川による影響が小さいと思われる湖心に近い場所を選択した。

#### 3.2 分析

##### 含水率

コア試料において1cm毎にスライスされた直後に測定したコア試料の湿潤質量(g)と、110℃で24時間以上炉乾燥させた後の乾燥質量(g)を測定し、それらをもとに計算して得られた重量百分率(%)を含水率とした。

##### 粒子密度

乳鉢によって粒子構造を破壊しない程度にすりつぶした試料を、110℃で24時間以上炉乾燥させ、へ



図-4 コアサンプリング風景とコアサンプル



図-5.1 セディメントトラップのサンプリング風景



図-5.2 セディメントトラップ

リウムガスを用いたガス置換法を測定原理とする Micromeritics社製AccuPyc1330を用いて、試料の粒子密度を測定した。粒子密度は、鉱物粒子 ( $2.20 \sim \text{g/cm}^3$ )、有機物 ( $\sim 1.95 \text{g/cm}^3$ )、珪藻 ( $1.95 \sim 2.20 \text{g/cm}^3$ ) (石渡ほか, 1977)の相対量に関係していて、構成材料が多いものの密度に近くなる。つまり、粒子密度の値の大小は堆積物に含まれる鉱物粒子の量も反映していると考えられる。

#### 鉱物粒径

堆積物粒子の粒度分析は、レーザー回折散乱法 (島津製作所製SALD-2000J) を用いて行い、主に鉱物粒子を対象とした。池沼の堆積物には、一般的に流域起源の鉱物粒子と有機物質、池内で生産される無機物質 (例えば生物起源シリカ) と有機物質、流域外起源も含まれる風成塵降下物などで構成される。この中で、流域における侵食、運搬といった水文地形プロセスを反映するものは、主として鉱物粒子の物理量であると考えられる。そこで、鉱物粒子以外の堆積物中の支配的な構成要素である有機物と生物起源シリカを除去した後の試料について粒度分析を行い、鉱物粒径を測定した。鉱物粒子の抽出は、乾燥させた試料約50mgから、Mortolock and Froelich (1989) に基づいて行った。

粒度分析によって粒径別の体積百分率 (粒度分布)

が得られ、それをもとに作成した累積頻度曲線から体積百分率が50%の値 (中央粒径値) を求めて、それを試料の粒径の代表値として採用した。

#### Cs-137濃度

Cs-137 (半減期30.17年) は、1950年代から1960年代にかけて核実験によって生成された人工放射性核種であり、大気からのフォールアウトによって地表に供給される。1963年にフォールアウトがピークに達してから降水量は減少し、現在ではほとんど降下していない。地表に供給されたCs-137は、表層の土壌粒子や有機物に強く吸着し、そして土壌粒子とともに移動し (Takenaka et al., 1998)、降水や河川水によって湖沼に流入し、堆積物と共に沈殿する。そのため、堆積物中のCs-137濃度の変化は、フォールアウトの開始 (1950年代) 及びピークに達した1963年を記録していることから、堆積物の年代決定に用いられることが多い (例えば、金井ほか 1995)。

Cs-137は壊変する際に661.6keVの $\gamma$ 線を放出する。この $\gamma$ 線の検出に、金沢大学アイソトープ理工系研究施設の高純度ゲルマニウム (Ge) 半導体検出器 (GTM-100220; EG&G ORTEC社) を利用した。測定には、堆積物試料を乾燥、粉碎後、直径4.7cm高さ1.0cmのプラスチック製ペトリ皿に詰めたものを用いた。コア試料の主に1cmおきに行い、試料が

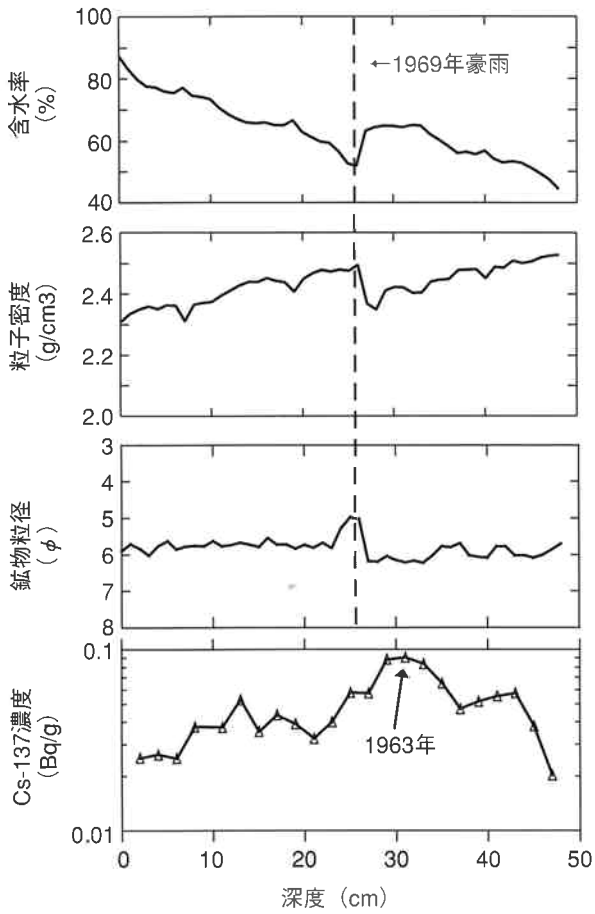


図-6.1 コア試料DJ-5における分析結果

少ない場合は前後の試料をまとめて測定した。一つの試料について、誤差が概ね10%以下となる100カウント以上に達するまで測定した。また、Isotope Products Laboratoriesによって2001年2月16日5:00 (JST) に作成された標準線源を用いて計算した測定時の計数効率から、Cs-137濃度 (Bq/g) を求めた。

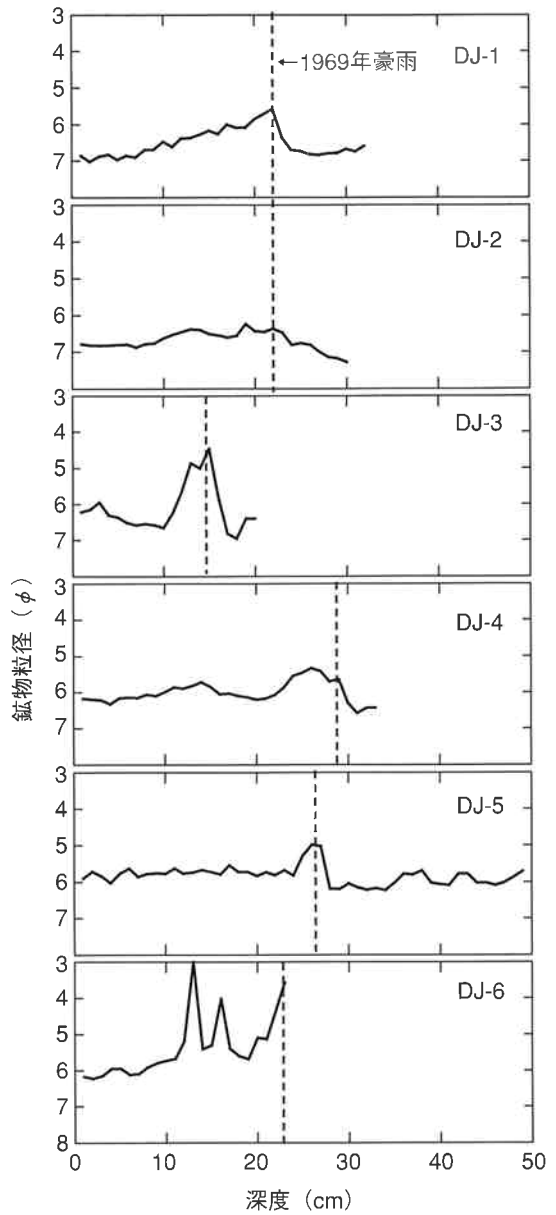


図-7 各コアの鉱物粒径変動

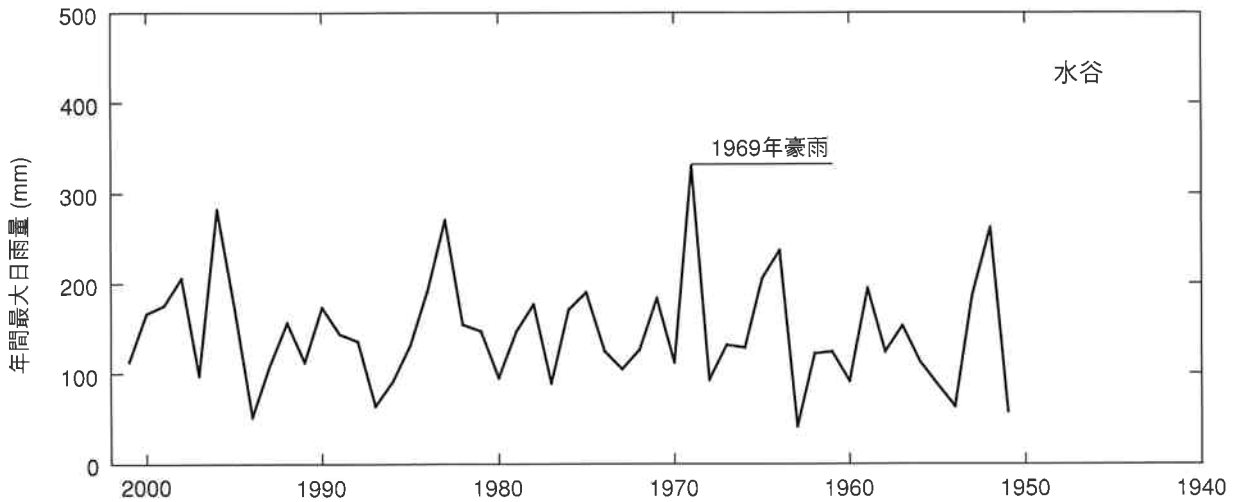


図-6.2 立山カルデラ工事事務所水谷出張所における年間最大日雨量 (立山カルデラ砂防博物館研究紀要付録より)

4. 分析結果

4.1. コア試料

〈過去の水文地形環境の変化〉

各コアについて、1cm間隔で分析を行った結果、それぞれある深度において顕著な物理量の変化が確認できた。ここでは、その変化が明瞭であったDJ-5を取り上げる。

DJ-5では、深度25-26cmにおいて含水率の低下、密度の増加と鉱物粒径の粗粒化が確認できた。そこで、このような堆積異常の原因を推定するために、まずコアの年代を推定した。その結果、Cs-137濃度変化から、深度29cm付近にその最大値を得ることができたので、この層準を1963年とすることができた。したがって、深度25-26cmに見られた堆積異常は、1963年以降に起きたと推定できる (図-6.1)。

次に、密度の増加および鉱物粒径の粗粒化に関わる、流域の水文地形プロセスに変化を与える要因を、立山砂防事務所の水谷出張所における過去の降水量の変動から推定した。その結果、年間最大日雨量の変化から1969年のピークが顕著であることが確認できた (図-6.2)。ここで、この豪雨は1969年8月11日に北陸地方 (特に富山県東部) を襲った集中豪雨に相当し、この集中豪雨によって立山カルデラ内の至る所の登山道が

崩壊した土砂によって封鎖された (立山カルデラ砂防博物館, 私信)。したがって、泥鯰池流域においてもこの1969年の集中豪雨によって、崩壊が起きたか、あるいは流域内に存在した土砂が一気に流出したことによって、泥鯰池の堆積物に多くの土砂が混入した可能性が高い。

以上のことから、DJ-5の25-26cmの堆積異常は、1969年の集中豪雨による水文地形プロセスが原因である可能性が高いことが分かった。また、そのほかの地点で採取されたコアにおいても、1969年の豪雨の影響である可能性が高い層が含まれているため (図-7)、集中豪雨による影響は泥鯰池の広い範囲の堆積物に記録されていると考えられる。

〈堆積速度の平面分布〉

分析結果から、1969年の豪雨時における堆積物の可能性が高い層準と、Cs-137濃度の最大値となる1963年の層を用いて、各コア試料の堆積速度を求めた (表-1)。その結果、泥鯰池における平面的な堆積速度の

表1 各コアの堆積速度

Core sample	DJ-1	DJ-2	DJ-3	DJ-4	DJ-5	DJ-6
Sedimentation rate	0.24	0.14	0.11	0.42	0.31	0.38

(g/cm<sup>2</sup>/year)

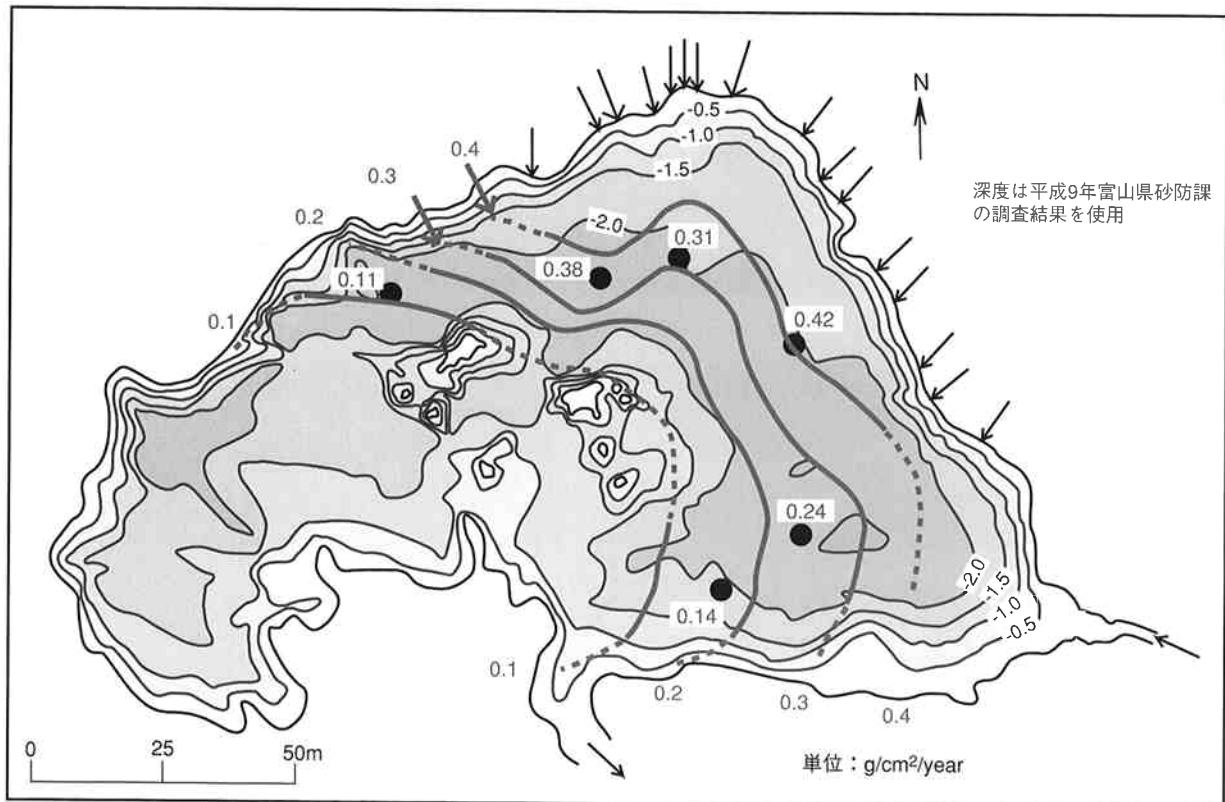


図-8 等堆積速度線図

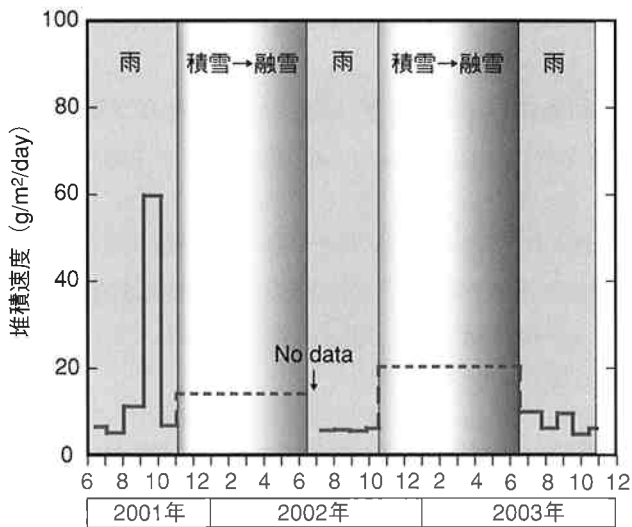


図-9 セディメントトラップ試料の堆積速度の変化。  
堆積速度は、DJ-FTとDJ-BTの平均値。

変化を確認することができた。そこで、その分布をもとに等堆積速度線を引いてみると、北東から南西に向かって堆積速度が低くなる傾向を示した（図-8）。このことから、現在のような水文地形プロセスが続くならば、今後泥鰯池は北東から南西方向に縮小していくと予想できる。

#### 4.2. セディメントトラップ試料

〈現在の泥鰯池の水文地形環境〉

DJ-FTおよびDJ-BTについて、観測期間内における

堆積速度の値は、1ヶ月毎に回収を続けた6月～10月間の結果に比べて、冬季（11月～5月）の値の方が大きいという結果が得られた。ここでの2002年及び2003年の冬季の堆積速度は、翌年の観測開始時の堆積量を前年の観測終了時からの期間で除したものである。積雪期には泥鰯池流域は深い積雪に覆われるので、この時期の土砂移動は著しく少ないものと思われる。したがって、この時期の堆積速度が大きい理由は、融雪期の土砂移動の大きさを示唆していると考えられる（図-9）

#### 5. 謝辞

本調査・研究に関しては多くの方々のお世話になった。以下に記して謝意を表したい。金沢大学自然計測応用研究センター長谷部徳子助教授・青田容明研究員、水文地形環境研究室院生・学生諸君、富山大学理学部酒井英男教授、酒井研究室院生・学生諸君、京都大学防災研究所澤田豊明助教授、立山砂防カルデラ博物館飯田肇学芸課長。

#### 【Reference】

石渡良志・高松信樹・石橋智子（1977）：密度の違いを利用した湖底堆積物中の外来性および自生性物質の分離；陸水学雑誌，38，94-99

表2 セディメントトラップの設置期間と分析結果。

Sample DJ-F/BT-	設置期間	日数	堆積量 (g)		平均堆積速度	粒子密度		鉱物粒径	
			DJ-FT	DJ-BT		DJ-FT	DJ-BT	DJ-FT	DJ-BT
1	2001.6.13-7.3	20	11	22	6.55	2.11	2.17	6.71	6.28
2	7.3-8.2	30	11	28	5.22	2.08	2.22	6.48	5.83
3	8.2-9.5	34	52	44	11.20	2.17	2.26	6.78	6.02
4	9.5-10.6	31	16	450	59.80	2.10	2.34	6.77	5.93
5	10.6-11.1	26	11	34	6.92	2.06	2.28	6.77	5.90
6	11.1-6.13	224	413	383	14.13	2.24	2.31	6.77	5.91
	2002.6.13-7.9								
7	7.9-8.1	23	12	21	5.71	2.10	2.19	6.49	5.99
8	8.1-8.28	27	5	34	5.86	2.09	2.25	6.72	5.99
9	8.28-9.26	29	17	24	5.61	2.11	2.20	6.88	5.93
10	9.26-10.17	21	18	15	6.25	2.15	2.20	6.94	5.72
11	10.17-6.19	245	147	963	18.04	2.22	2.31	7.09	5.96
12	2003.6.19-7.26	37	48	44	9.95	2.10	2.14	6.68	6.22
13	7.26-8.22	27	18	24	6.25	2.09	2.19	6.64	5.88
14	8.22-9.18	27	22	43	9.57	2.16	2.25	7.19	6.38
15	9.18-10.16	28	19	15	4.81			6.76	6.11
16	10.16-10.29	13	12	8	6.09			6.90	6.23

- 藤井昭二 (1997) : 立山カルデラの形成と崩壊 ; 砂防学会誌, 49, 3-8
- 金井 豊・井内美郎・片山 肇・斉藤文紀 (1995) :  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ 法による長野県諏訪湖底質の堆積速度の見積り ; 地質調査所月報, 46, 225-238
- 柏谷健二・太井子宏和・川谷 健・沖村 孝 (1988) : 六甲山系の湖沼堆積物の粒度組成の変動と崩壊環境 ; 地形, 9, 193-200
- Mortlock, R.A. and Froelich, P.N. (1989) : A simple method for rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediment ; *Deep-Sea Research*, 36, 1415-1426
- Takenaka, C, Onda, Y. and Hamajima, Y. (1998) : Distribution of cesium-137 in Japanese forest soils: Correlation with the contents of organic carbon, *The Science of Total Environment*, 222, 193-199
- 立山カルデラ砂防博物館 (1998) : 越中立山大鳶崩れ—安政五年大地震大洪水の古絵図集成 ; 立山カルデラ砂防博物館, 1-5

[要 旨]

立山カルデラの泥鱒池流域における水文地形プロセスを明らかにするため、池沼堆積物の調査及び分析を行った。堆積物コア試料から1969年の集中豪雨を記録した層が認められた。また、コア試料を利用した堆積速度の平面分布から、泥鱒池においては北東から南西に向かって堆積が進行していることが明らかになった。現在の水文地形プロセスを推定するために、セディメントトラップを用いた堆積物の解析結果は、夏季の堆積速度よりも、融雪水による堆積速度のほうが大きいことを示した。