

# 建設資材への利用方法と 品質特性に関する調査

## 1. 目的

下水汚泥の建設資材利用は、焼却灰や溶融スラグ自体を土質改良材や路盤材などに利用する場合と、焼成レンガやインターロッキングブロックなどに加工して利用する場合とに分けられる。しかし、これら再生品について多くの場合、規格、基準類が未整備であり、試験的に現場施工が行われているに過ぎない。

このような状況の中で、建設資材としての多種多様な利用用途を確立するとともに、利用に際しての規格、基準を整備することにより、下水汚泥の性状、利用現場の状況に応じた効果的で高度な有効利用が可能になる。特に、大都市を中心とした地域では、下水汚泥の最終処分場の確保が困難になってきており、下水汚泥の有効利用の促進は急務となっている。

そこで本調査では、建設資材の新しい利用用途、品質管理方法及び品質基準を検討するために、土木研究所の建設資材利用に関する調査結果に基づき、それぞれの利用用途における品質特性（機械的品質規格、検査手法、品質管理手法等とし、金属溶出等の安全性に関する規格を除く）の調査、整理を行った。

## 2. 建設資材利用に関する調査

### 2.1 調査の方法

本調査は、平成7年2月に建設省土木研究所が実

施した下水汚泥の建設資材利用に関する調査結果をもとに、さらに機械的品質規格、検査手法、品質管理手法等に主眼をおいたアンケート調査を実施することにより、下水汚泥の建設資材化における技術的課題等を整理した。

### 2.2 建設資材利用に係るアンケート調査

#### (1) アンケート調査対象

アンケート調査は、平成7年2月の建設省土木研究所調査において建設資材利用に係る回答のあったもののうち、技術自体が実用段階にあり、製品製造が行われているものを対象に実施した。

調査対象団体及び汚泥製品数は次のとおりである。

- ① 製造主体が自治体 10団体17製品
- ② 製造主体が民間業者 6団体12製品

#### (2) 建設資材利用に係るアンケート調査内容

調査は、下水汚泥の建設資材利用のうち、物性に関する品質管理手法を中心として実施した。調査項目は、次の6項目とした。

- ① 下水汚泥の建設資材再生状況  
原材料における用途、汚泥製品への混入率、受入業者名
- ② 下水汚泥の原材料使用（または受け入れ）時の品質基準等  
原材料の一般性特性、品質項目、準拠規格、基準値、品質基準設定の考え方、測定頻度及び設定の考え方

- ③ 汚泥製品の品質基準  
品質項目、準拠規格、基準値、実績値、品質基準設計の考え方、測定頻度及び設定の考え方、サンプリング方法及び設定の考え方
- ④ 原材料（受け入れ時）及び汚泥製品の品質基準の運用方法  
品質基準運用方法、品質基準外原材料（製品）の取扱い
- ⑤ 汚泥製品の品質管理方法  
原材料の調整、配合、成形、焼成（養成）、製造工程、改善内容、効果、貯蔵時の注意事項
- ⑥ 汚泥製品の追跡調査内容  
追跡調査項目、追跡調査結果による品質基準の見直し

### 3. 建設資材への利用方法の調査・整理

#### 3.1 建設資材化における技術的課題

アンケート調査をもとに、下水汚泥の建設資材化の各工程毎にその技術的課題を整理した。

##### (1) 焼却灰、溶融スラグ等の原材料の確保

現在、国内で稼働している焼却炉と溶融炉の基数は、焼却炉が約300基、溶融炉が実証炉を含めて21基である。一方、これらの炉より発生する焼却灰、溶融スラグの発生量は、平成5年度の1年間で約30万 $\text{m}^3$ で、このうちの約5万 $\text{m}^3$ （約17%）が有効利用され、残りは埋立処分等とされている。なお、有効利用のうち3万5千 $\text{m}^3$ （約70%）が建設資材として利用されている。

このように、焼却灰や溶融スラグの80%以上は埋立処分等で有効利用されていないため、建設資材の原材料として利用できる量は、相当量あると見ることができ。しかし、1年を通しての発生量で考えると、焼却炉や溶融炉には、定期点検のための休止期間が必ずあり、焼却灰や溶融スラグが発生しない、もしくは、発生量が減少するという期間が生じる。したがって、建設資材への利用を図る際には、この定期点検時期を予め把握し、原材料や製品の貯蔵量を管理することが必要となる。

##### (2) 原材料の調整、配合

原材料には、焼却灰と溶融スラグが主に利用されているが、原材料の調整、配合は、原材料の種類と利用用途（製品）によってそれぞれ異なる。

###### ① 石灰系焼却灰

石灰系焼却灰は、焼却の前プロセスである脱水時に消石灰、塩化第二鉄等の凝集剤を添加したものであり、重量比で20～50%程度のCa

Oを含んでいる。このカルシウム化合物による吸水発熱反応やポゾラン反応等によって、土質改良効果や支持力効果が発揮されるため、土質改良材や路盤材として利用されている。その利用にあたっては、カルシウム含有量等の汚泥性状について、季節的な変動も含めて把握する必要がある。特に土質改良材として利用する場合には、改良された土の強度（CBRなど）を適度に上げることが目標となるため、含水率の調整や、生石灰やセメントを添加することによる調質等が行われている。また、路盤材として利用する場合には、焼却灰単体で使用する場合と他の材料と混合した混合材として使用する場合がある。混合材として使用するものは、焼却灰単体では目的の基準を満足しない場合や溶融スラグとの混合利用による場合が多い。

###### ② 高分子系焼却灰

高分子系焼却灰は、焼却灰に含まれる珪素（ $\text{SiO}_2$ ）やアルミナ（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）などが粘土等の代替となることから、ブロック、タイル、レンガ等の二次製品をはじめとする各種用途への利用が進められている。その利用にあたっては、焼却灰の成分とその季節的な変動を把握する必要がある。また、高分子系焼却灰を利用した製品化工程では、他の材料と混和することが多いことから、焼却灰の添加率を混合材料により適切に調整する必要がある。

###### ③ 溶融スラグ

溶融スラグは、冷却方法により急冷スラグ、徐冷スラグ、再結晶スラグに大別できる。これらは、それぞれ粒径や性状が異なるが、細砂又は碎石の代替としての利用が考えられる。溶融スラグは、汚泥の性状や溶融炉の形式により、また、季節変動によりその性状に差異が生じると考えられるので、その比重、粒径分布等を把握する必要がある。

##### (3) 成形、焼成等の加工技術

成形、焼成の工程が必要となる製品は、コンクリート二次製品や、タイル、レンガ等の焼成二次製品である。これらの原材料には、高分子系焼却灰と溶融スラグが主に利用されており、いずれも成形、焼成にあたっては、灰やスラグの添加率を調整することが必要となる。

製品の製造方法は、従来の製品製造方法とほぼ同じであるが、原材料の性状（組成、含水率、強熱減量、粒度分布等）によっては付帯設備を必要としたり、長時間の焼成を必要とすることがあるため、利

用に際して事前に十分な調査を実施することが必要である。また、成形圧力の調整や焼成温度の調整は、製品の歩留に密接に関係するため、特に注意することが必要である。

#### (4) 品質基準、品質試験

下水汚泥を原料とする建設資材の製品は、それぞれの目的に応じた建設資材の品質及び性状に適合していることが必要であり、その原料及び加工品は、従来から使用されている建設資材（以下、「従来製品」という。）と比較して、同程度の品質及び性状が求められる。このため、品質規格や試験方法は、一般的には従来製品と同じものが準用されている。すなわち、路盤材はアスファルト舗装要綱、インターロッキングブロックや透水性ブロックはインターロッキングブロック協会規格、それ以外の製品は主にJIS規格といったように適用されている。

#### (5) 原材料及び製品の貯蔵、運搬

製品の形状としては、レンガ・ブロックなどの塊状のもの、路盤材・軽量骨材等の碎石状のもの及び成型品等の原料等となる粉体状のものに大きく分けられる。したがって、これらの形状及び性状に見合った貯蔵施設を設ける必要がある。

建設資材の季節的な需要変動としては、特に積雪寒冷地等では冬季の需要が望めないことから、この変動を考慮した貯蔵施設とする必要がある。また、土質改良材や路盤材として使用する石灰系焼却灰は、1日の発生量が限られるため、利用にあたっては、施工規模に見合う量を貯蔵する必要がある。これらは比較的低い含水率で使用することが望ましいので、雨水に注意しつつ乾燥状態を保つとともに、焼却灰が飛散しない貯蔵、運搬方法を用いる必要がある。脱水ケーキは、貯蔵により臭気が発生するため、比較的速やかに使用することが望ましい。

運搬については、下水汚泥を利用した建設資材の製品は、比較的重量物であることから、運搬に多くの費用を要する。このため、距離の遠い場所での使用には経済性に留意することが必要である。

## 4. 品質特性に関する調査・整理

### 4.1 品質管理方法

「1 建設資材への利用方法の調査・整理」から得られた成果をもとに、建設資材の利用用途毎に品質管理方法について、調査、整理した。

#### (1) 土質改良材

石灰系の焼却灰が添加剤として使用されており、その添加率は十数%である。添加方法としては、2

段階に分けて添加されているところもある。

添加前の原料土は、改良土との混合により含水調整されており、特に原料土に建設残土を使用する場合には、高含水率の残土に対して他の低含水率の残土や改良土の製品との混合攪拌による原料性状の均一化、コンクリートガラ等の混入した残土を発見するための事前の搬入物のチェックが実施されている。最終的には、粒度調整が行われて製品となる。

#### (2) 埋戻材

上層路盤、下層路盤及び路床の埋戻材としての利用では、焼却灰をそのまま100%使用するか、クラッシャーランと混合するなどして使用されている。具体的には、下層路盤には焼却灰：クラッシャーラン（C-40）＝7：3以上、上層路盤には焼却灰：クラッシャーラン（C-40）＝2：8以上とし、路床には焼却灰を100%使用しているなどの例がある。

#### (3) 路床・路盤材

溶融スラグにクラッシャーラン又は焼却灰が混合されて使用されている場合が多い。また、破碎機やスクリーンにより、スラグの粒度調整が行われているところもある。

#### (4) 圧縮焼成レンガ

レンガ製造においては、一般的には、原材料として焼却灰が100%使用されているが、破碎物を混入したり、異なった灰が混合されているところもある。また、使用される焼却灰は、製品の歩留向上を図るために攪拌するなどして予め均一化されている場合が多い。製造工程では歩留向上のため各種工夫がなされている。具体的には、成形工程では、成形圧力等の設定値の調整や、成形品の測定、面取り、プレス機の清掃等により、成形品の安定化が努められるとともに、焼成工程では、製品の寸法等を測定、観察して焼成温度、焼成時間が管理されるなど、特に成形、焼成工程での工夫が多い。また、製品の管理は、主に製品寸法や吸水率等で行われている。

#### (5) インターロッキングレンガ

焼却灰を原材料とする場合には、原材料の受入時に焼却灰中の加湿水分や $P_2O_5$ 含有量が管理されており、基準値を満足しない場合は、他の原材料との配合比率が調整されている。また、比重、吸水率等の測定が行われている。なお、原材料の配合としては、焼却灰20～30%、粘土80～70%が一般的である。成形工程では、真空土練成形機やインターロッキングブロック製造機が主に使用されるとともに、焼成工程では焼成温度や、窯詰め方法が調整されている。

#### (6) 透水性ブロック

焼却灰を原材料とする場合には、原材料の調整、配合、成形、焼成の各製造工程で各種工夫がなされている。調整工程では、焼却灰は溶融程度をもとに分類され、調整された上で使用されている。また、使用骨材は、その種類、最適粒度等が確立されており、混練・造粒機で焼却灰と混合・造粒され、乾燥機、分級機において成形に適した水分、粒度にされる。次に成形されたレンガは焼成のため鞘に詰められるが、この時、焼成時のレンガ融着防止のため内に珪砂が敷かれ、歩留向上が図られている。また、製品の品質特性は、製品品質項目について測定し管理されている。

溶融スラグを原材料とする場合には、粉碎、分級などにより原材料の調整が行われるとともに、配合では、助剤の添加や配合比の管理が行われている。また、成形工程では成形圧力、焼成工程では温度パターンが管理されている。

(7) 汚泥タイル

焼却灰の利用は、原料中の数%に過ぎず、粉碎による原材料の調整が行われるとともに、ミキサーにより、他の原料と混合されている。また、成形工程では、油圧成形機が、焼成工程では、トンネルキルンが使用されている。

(8) セメント

脱水ケーキや焼却灰のセメント原料としての利用は、セメント工場における産業廃棄物処理の一環として実施されており、その受入量は、現在のところセメント製造量の数%にも満たない状況にある。それらは、石灰石、粘土類との混合処理により、原材料化され、調整配合工程では、珪酸率、鉄率、水硬率、成形工程ではセメント原料成分、焼成工程ではクリンカ成分や焼成度が管理され、セメントの一部となる。脱水ケーキを原材料に利用する場合には、特にセメント工場での臭気の問題があげられており、速やかな使用や、臭気を消すための工夫として、廃油との混合などが行われている。

(9) 陶管

特に乾燥工程での品質管理として、焼却灰の成分や乾燥室内の温湿度などの影響により「白華」と呼ばれる外観不良が発生するため、中間検査（外観）が徹底して行われている。

4.2 品質基準

(1) 土質改良材

土質改良材としての必要な品質基準は、CBR15%以上である。これは、道路管理者の指定や、埋戻土としての必要な強度から決定されている。これ以

外では粒度や含水量が必要な品質基準である。(表-1)

表-1 品質基準(土質改良材)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値
焼 却 灰 (石灰系)	路床土の支持力比CBR試験	JIS-A-1211	15% (室内CBR)
		JSF-T-721-1990	15% (目標値)
	土の粒度試験	JIS A 1204	
	土の含水量試験	JIS-A-1203	

(2) 埋戻材

埋戻材としての必要な品質基準項目は、利用用途ごとに異なる。今回調査で挙げられた上層路盤、下層路盤への利用では、修正CBR、路面にたわみ量、沈下量等である。この基準値は上層路盤で修正CBR80%以上、下層路盤で30%以上である。一般的に道路用の埋戻材としては、日本道路協会のアスファルト舗装要綱が準拠規格とされている。(表-2)

表-2 品質基準(埋戻材)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値
焼 却 灰	支持力試験	アスファルト舗装要綱規格	上層路盤
	K値・CBR値	"	修正CBR>80%
	路面たわみ量・沈下量	"	修正CBR>30%

(3) 路床・路盤材

路床・路盤材として必要な品質基準項目は、修正CBR、路面のたわみ量、沈下量、すりへり減量等である。基準値は、修正CBRで上層路盤材80%以上、下層路盤材で20%または30%以上である。大阪府と東京都区部の基準は、下層路盤材としてのものである。また、すりへり減量は30%以下、吸水率は3.0%以下となっている。準拠規格としては、道路用材料であることからアスファルト舗装要綱が一般的に使用されている。(表-3)

表-3 品質基準(路床・路盤材)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値
溶融スラグ	支持力試験	アスファルト舗装要綱規格	上層路盤 修正CBR>80%
	K値・CBR値	"	下層路盤 修正CBR>30%
	路面たわみ量・沈下量	"	締固度95%以上 30%以下
	現場試験 すりへり減量	"	
	吸水率	JIS-A-5001, 5004, 5005, 5011, 5015	3.0 以下
	室内配合試験	"	CBR30%以上
		アスファルト舗装要綱規格	修正CBR20%以上

(4) 圧縮焼成レンガ

圧縮焼成レンガとして必要な品質基準項目は、圧縮強さ、曲げ強さ、吸水率、耐摩耗性、すべり抵抗である。基準値は、圧縮強さはJIS規格では300kgf/cm<sup>2</sup>以上で、インターロッキングブロック協会規格では、330kgf/cm<sup>2</sup>以上となっている。このため、それぞれの規格に相当する基準値が採用されている。曲げ強さは、JISでは基準値がないため、インターロッキングブロック協会の50kgf/cm<sup>2</sup>以上が用いられている。吸水率は、JISでは10%以下であるが、製品の歩留向上のために、自主規格を設定しているところが多く、3%以下が妥当な数値と考えられる。耐摩耗性は、タイルのJIS規格に準拠しており、JISでは0.1g以下となっている。すべり抵抗は、ASTMでは規格値がないため多少差があるが、45BPN以上が多い。(表-4)

表-4 品質基準 (圧縮焼成レンガ)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値
焼 却 灰	圧縮強さ	JIS-R-1250	300kgf/cm <sup>2</sup> 以上
		"	330kgf/cm <sup>2</sup> 以上
		"	500kgf/cm <sup>2</sup> 以上
		インターロッキングブロック協会規格(以下「ILB規格」)	330kgf/cm <sup>2</sup> 以上
	曲げ強さ	ILB規格	50kgf/cm <sup>2</sup> 以上
		LIS A 5209	50kgf/cm <sup>2</sup> 以上
	吸水率	JIS-A-5209	6%以下
		"	1%以下
		"	10%以下
		JIS-R 1250	10%以下
		"	5%以下
		"	3%以下
		JIS A 5213	16%以下
	耐摩耗性	"	3%以下
JIS-A 5209		0.2g以下	
すべり抵抗 (乾燥状態)	"	0.1g以下	
	ASTM E-303	40BPN以上	
	"	45BPN以上	
	"	60BPN以上	
	"	40BPN以上	
(湿潤状態)	ASTM-E-303	45BPN以上	
	"	45BPN以上	
	"	50BPN以上	

(5) インターロッキングレンガ

インターロッキングレンガは、焼却灰と溶融スラグの2種類の原材料より製造されているが、必要な品質基準項目や基準値、準拠規格はほぼ同じである。品質基準項目は、圧縮強さ、曲げ強さ、吸水率、耐摩耗性、寸法、透水係数等である。基準値は、圧縮強さは、普通ブロックで330kgf/cm<sup>2</sup>以上、透水性ブロックで170kgf/cm<sup>2</sup>以上、曲げ強さは、普通ブロックで50kgf/cm<sup>2</sup>以上、透水性ブロックで30kgf/cm<sup>2</sup>以上、寸法は±3mm以内(普通ブロック)、透水係数は1×10<sup>-2</sup>cm/sec以上等となっている。準拠規格は、インターロッキングブロック協会とJASS(建築学会)で同じ数値となっている。(表-5)

表-5 品質基準 (インターロッキングレンガ)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値
焼 却 灰	圧縮強さ	JIS A-5210	設定していない
		ILB規格, JASS 7 M-101	330kgf/cm <sup>2</sup> 以上(普)
	曲げ強さ	"	170kgf/cm <sup>2</sup> 以上(透)
		ILB規格, ILB規格, JASS 7 M-101	60kgf/cm <sup>2</sup> 以上(普) 50kgf/cm <sup>2</sup> 以上(普)
	透水係数	"	30kgf/cm <sup>2</sup> 以上(透)
		JIS-R-2213 JIS A 1218 ILB規格, "	設定していない 1×10 cm/sec以上
	吸水率	JASS 7 M 101	"
		JIS-A-5210 JIS R-1250	設定していない 8%以下
	耐凍害性	JIS-A-5209	異常なし
		耐摩耗性	JIS-A-5209
"	"		0.05g以下
寸法	ILB規格, JASS 7 M-101	L(±3)×W(±3) ×d(±3)(普)	
	"	L(±3)×W(±3) ×d(+5~-1)(透) 210(±5.0)×100(±3.0)×60(±2.5)mm	
溶融スラグ	寸法 厚さ・幅・長さ	"	±3mm以内
	曲げ強さ	"	50kgf/cm <sup>2</sup> 以上
	圧縮強度	JIS A-1108	330kgf/cm <sup>2</sup>
	吸水率	"	5%以下
	凍結融解抵抗性	"	凍結融解300サイクルで 80以上
	すべり抵抗 耐摩耗性 外観	ASTM-E-303 カーボラダムによる 強制摩耗試験方法 目視	"

注) 基準値の(普)は普通ブロック、(透)は透水性ブロック

(6) 透水性ブロック

透水性ブロックは、焼却灰と溶融スラグの2種類の原材料により製造されているが、必要な品質基準項目、基準値、準拠規格はほぼ同じである。品質基準項目は、曲げ強さ、透水係数、寸法等である。基準値は、曲げ強さは30kgf/cm<sup>2</sup>以上、透水係数は1×10<sup>-2</sup>cm/sec以上となっている。(表-6)

表-6 品質基準 (透水性ブロック)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値	
焼 却 灰	寸法 長さ	JIS-A-5209	(198)±3.5mm	
		"	(99)±2.5mm	
		"	(60)±3.0mm	
	幅	"	"	色見本に準ずる
		"	"	限度見本以内
	厚さ	"	"	30kgf/cm <sup>2</sup> 以上
		"	"	1×10 cm/sec以上
	色	JIS-A-1218	"	(0)±2mm
		JIS A 5209	"	1mm以下
	外 観	"	"	"
"		"	"	
曲げ強度	"	"	"	
	"	"	"	
透水係数	"	"	"	
	"	"	"	
反り	"	"	"	
	"	"	"	
反り差	"	"	"	
	"	"	"	
溶融スラグ	圧縮強さ	ILB規格	170kgf/cm <sup>2</sup> 以上	
	曲げ強さ	"	30kgf/cm <sup>2</sup> 以上	
	透水係数	"	1×10 cm/sec以上	

(7) 汚泥タイル

汚泥タイルは、JIS-A-5209の陶磁器質タイルの規格と同じ規格が使用されている。(表-7)

表-7 品質基準 (汚泥タイル)

原 材 料	品質項目	準拠規格	基 準 値
焼 却 灰	吸水率	JIS-A-5209	磁器質1.0%以下
	耐ひびわれ性	"	ひび割れの無いこと
	曲げ強さ	"	60N/cm <sup>2</sup> 以上
	耐凍害性	"	-
	耐酸性	"	-
	耐アルカリ性	"	-
	寸法等	"	JISどおり

## (8) セメント

下水汚泥を原材料に受け入れたセメントは、JISのセメント品質規格と同じ規格が使用されている。

(表-8)

表-8 品質基準(セメント)

原 材 料	品質項目	標準規格	基 準 値
焼 却 灰	強 度	JIS R 5201	
	凝 結	"	
脱水ケーキ 及び焼却灰	比表面積	JISセメント品質規格	2,000/cm <sup>2</sup> g以上
	凝結始発		60分以上
	凝結終結		10時間以内
	安定性		良
	圧縮強さ 3日		6.86N/cm <sup>2</sup> 以上
	7日		14.71N/cm <sup>2</sup> 以上
	28日		29.42N/cm <sup>2</sup> 以上
	強熱減量		3.0%以下
	三酸化イオウ		3.0%以下
	酸化マグネシウム		5.0%以下
	塩素イオン		200ppm以下
アルカリ値	0.75%以下		

## (9) 陶管

下水汚泥を利用した陶管は、JIS-R-1201の陶管の規格が準用されている。(表-9)

表-9 品質基準(陶管)

原 材 料	品質項目	標準規格	基 準 値
焼 却 灰	形 状	JIS-R-1201	左記に準ずる
	外 観	"	"
	寸 法 (内径)	"	"
	寸 法 (内径除く)	"	"
	反 り	"	"
	角 度	"	"
	外圧強さ	"	"
	吸水率	"	9%以下
	耐酸度	"	0.25%以下

## 5. まとめ及び今後の課題

下水汚泥の建設資材利用については、圧縮焼成レンガのように、原材料のほとんどすべてに下水汚泥を利用して、地方公共団体が主体的に製造に携わられているものから、セメント原材料への利用のように、下水汚泥の利用は極くわずかで、製造も民間に汚泥処理の一環として任せられているものまでと、製品に占める下水汚泥の割合、建設資材利用への取り組み体制が、利用用途によってかなりの幅があるという状況にある。また、下水汚泥を原料とする建設資材は、従来製品と同等以上の品質であっても、既存の品質規格では定められていない、取扱性、施工性等の点で異なる品質を有するものがある。

現状では、このような利用用途及び品質の違いによる問題点は、あまり明確になっていないが、今後、下水汚泥の建設資材への利用、さらには、下水汚泥を原料とする建設資材製品の利用促進を図るためには、このような従来製品の品質規格にない問題点の解明と、それに応じた新しい品質規格について検討する必要がある。また 従来製品との品質の違いによる問題を回避するため、独自の施工要領や工事手順を定めている製品もあるので、今後、このような観点からの調査も必要であると考えられる。

## ● この調査に関する問い合わせは

研究第一部長	佐藤 和明
研究第一部主任研究員	伊藤 久明
研究第一部主任研究員	桑田 耕治
研究第一部長研究員	井上 茂治