

下水道における地球温暖化対策 に関する調査研究

1. 調査目的

千葉市では、温暖化防止実行計画を推進するため、下水道事業においても温暖化防止対策の策定が求められている。下水道事業における施策は、化石燃料消費量を削減するための省エネルギー化および温室効果ガスの発生量を抑制する施設の運転等が挙げられる。これらにより省エネ等の対策を推進し、平成17年度において電気および燃料の使用に伴う二酸化炭素排出見込み量15,116t-CO₂（表-1）を可能な限り下回ることを削減目標としている。

本調査は、千葉市下水道における地球温暖化防止対策の検討に資するため、市内の主な2処理場および3ポンプ場における温室効果ガスの現況発生量の把握、省エネ等の対策の検討および将来における温室効果ガス発生量について推定し、温暖化防止対策を策定するものである。

表-1 浄化センターにおける排出量と見込み量

(単位：t-CO ₂)	
平成12年度排出量	平成17年度排出見込み量
11,303	15,116

2. 調査内容

2.1 施設の運転状況の把握

- ① 対象期間
平成5年度から平成14年度の10ヵ年
- ② 確認内容
 - ・浄化センター 流入水量、水質状況、焼却量等
 - ・ポンプ場 揚水量等
- ③ 対象施設
南部浄化センター，中央浄化センター，都ポンプ場，黒砂ポンプ場，幸ポンプ場
なお、表-2に浄化センターの概要を示した。

表-2 各浄化センターの概要

		中央浄化センター 合流式（一部分流式）	南部浄化センター 分流式
排除方式		標準活性汚泥法	標準活性汚泥法 嫌気無酸素好気法
処理方法		濃→消→洗→脱→運搬（南部Tへ）	濃→消→洗→脱→焼
汚泥処理方法		S.43.6.1	S.56.4.1
認可計画	処理能力	晴天時	109,400m ³ /日
		雨天時	352,610m ³ /日
		計画人口	111,800人
現況	処理能力	晴天時	109,400m ³ /日
		雨天時	352,610m ³ /日
		計画人口	111,800人

平成15年版千葉市の下水道より引用

2.2 現況における温室効果ガス排出量の算定

- (1) 対象年度
平成12年度～平成14年度の3ヵ年
- (2) 対象施設
・南部浄化センター，中央浄化センター
・都ポンプ場，黒砂ポンプ場，幸ポンプ場
- (3) 温室効果ガス排出量の算定
排出量の算定は、「下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き」(1999.8 日本下水道協会)に基づき，以下の事項について行うものとする。
 - ① 水処理および汚泥処理プロセスからの排出量
 - ② エネルギー消費に伴う排出量
 - ③ 薬品等の使用量に伴う排出量
 - ④ 下水道資源の有効利用に伴う排出削減量

2.3 各施設における温暖化防止対策の抽出

各施設（あるいは機器）について，実施可能な温暖化防止対策（運転方法，設備の改造・更新）のリストアップを行い，それぞれの実施可能性，効果（定量化できないものは定性的に判断），概算費用（改造等を行う場合）を整理する。

2.4 将来における温室効果ガス排出量の算定

前項で検討した防止対策をもとに，3ケース程度（簡易なものから大規模なもの）の温暖化防止計画（案）を設定し，将来における温室効果ガス排出量を各々のケースで算定する。目標年次は，対策スケジュールを加味し，概ね5年毎に全体計画までを設定する。将来の温室効果ガス排出量の算定・評価は，概ね以下の手順によるものとする。

- ① 基準年の設定（平成12年度）
- ② 目標年次の設定（平成17年度）
- ③ 目標年次における下水道整備計画（流入水量，設備の更新・建設等）の整理
- ④ 将来における温室効果ガスの算定

2.5 温暖化防止実行計画（案）の策定

温室効果ガスの排出量削減効果および対策実施の現実性，経済性等を考慮し，千葉市下水道施設における温暖化防止実行計画を策定する。

3. 調査結果

3.1 温室効果ガス排出量の現況

施設の運転状況を整理し，温室効果ガスの排出量を求めた。ここでは，基準年である平成12年度の排

出量を示す。

- (1) エネルギー消費に伴う排出量

図-1に示すように，浄化センターにおける電気使用量および燃料使用量に伴い，平成12年度には約11,300t-CO₂の二酸化炭素排出量が排出され，このうちの85%が電力消費に伴う排出であり，燃料の消費に伴う排出が約14%となっている。

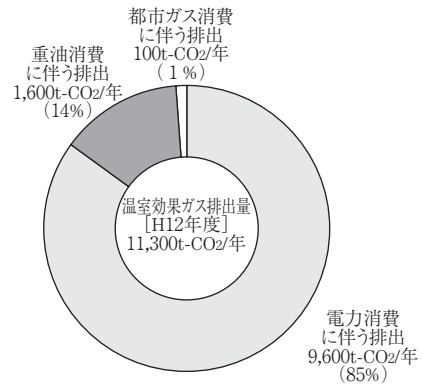


図-1 電力、燃料消費に伴う温室効果ガス排出量の内訳 (平成12年度)

- (2) 電力消費の内訳

図-2には，各浄化センターの電力消費の内訳を示したが，送風機が南部浄化センターで29%，中央浄化センターで59%と多くを占めている。

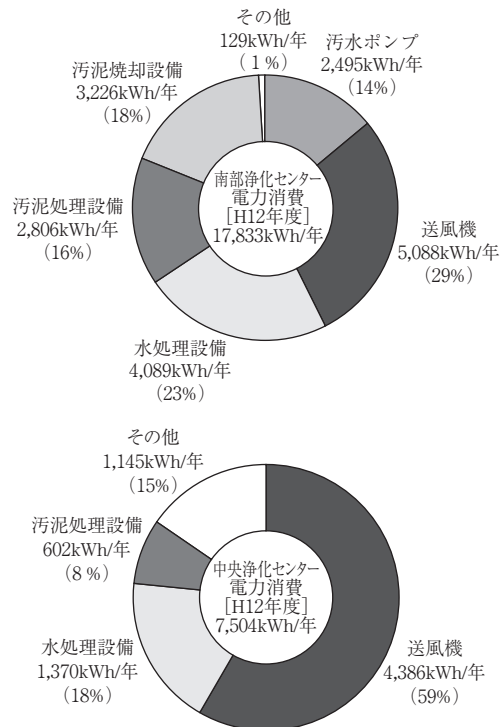


図-2 各浄化センターの電力消費の内訳 (平成12年度)

(3) 温室効果ガス総排出量の内訳

図-3は、施設の運転に伴い処理プロセスから発生するメタン、一酸化二窒素の排出を含めたものであり、平成12年度に約25,000t-CO₂の温室効果ガスが排出されている。

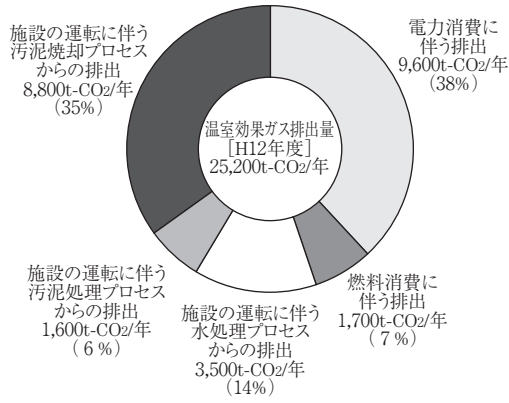


図-3 温室効果ガス総排出量の内訳 (平成12年度)

3.2 温室効果ガス排出量の将来推計

(1) 電力および燃料消費に伴う将来推計結果

温室効果ガス排出量の予測結果は、図-4のとおりである。処理水量の増加および高度処理の導入による施設の高度化などに伴い、電力消費に伴う二酸化炭素排出量は、平成29年度には平成12年度に比べ約2.9倍に増加する見込みである。また、重油消費に伴う二酸化炭素排出量は、平成29年度には平成12年度に比べ約2.1倍に増加する見込みである。これらのことから、電力および燃料消費に伴う二酸化炭素排出量は、平成29年度には平成12年度の約2.8倍に増加する見込みとなった。

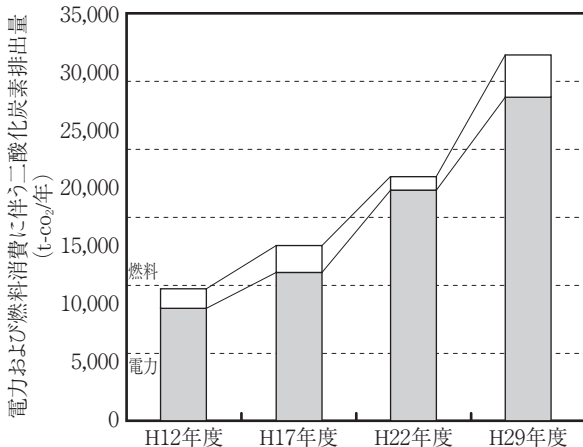


図-4 電力および燃料消費に伴う将来推計結果

(2) 温室効果ガス総排出量の将来推計結果

施設の運転に伴い処理プロセスから排出されるメタン、一酸化二窒素等の温室効果ガスの排出量は、図-5に示すように流入水量の増加や焼却汚泥量の増大により、電力および燃料消費に伴う二酸化炭素排出量と同様に増加し、総排出量は、平成22年度には平成12年度に比べ約2.8倍に増加する見込みである。

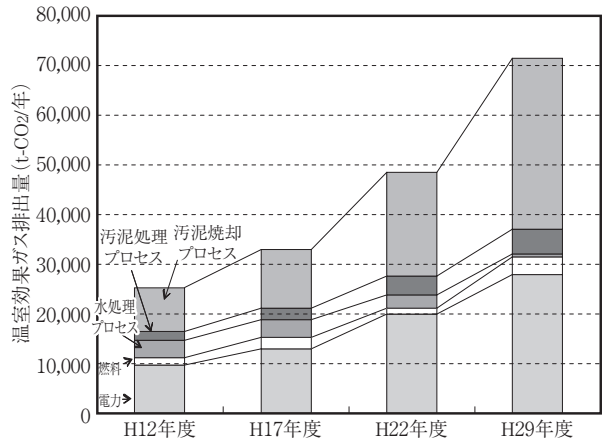


図-5 温室効果ガス総排出量の将来推計結果

3.3 温室効果ガス削減対策の検討

(1) 削減に向けた基本方針

上記に示したように、平成17年度以降の温室効果ガス排出量は、現状の計画のまま対策を実施せずに推移すれば、平成12年度に比べ約2.8倍に増加するため、温室効果ガス削減対策を実施し、可能な限り温室効果ガス排出量を抑えていく必要がある。

温室効果ガス排出量の削減に向けた取組みの基本方針は、以下のとおりとした。

① エネルギー使用量の削減

現在の施設についてエネルギー使用状況の把握を行い、施設の更新時等に合わせて省エネルギー・省資源化・高効率化システムの導入を促進するとともに、運転方法の見直し等により既存エネルギー使用量の削減に努める。

② 各種処理プロセスに伴い排出される温室効果ガスの削減

水処理・汚泥処理・汚泥焼却・再生処理等の各種プロセスについて、処理方法の改善や運転方法の見直し等により温室効果ガス発生量が少ない方式について検討を行う。

③ 未利用エネルギーの積極的利用

各浄化センターとも、これまでに汚泥消化過程で発生する消化ガスをボイラーや汚泥焼却炉燃料として有効利用してきている。今後は、さらに、太陽光発電等の未利用エネルギーの導入を検討し、電力・燃料消費の削減に努める。

- ④ 環境マネジメントシステムの構築
各浄化センターにおいて、ISO14001取得等

により、環境へ配慮した施設の運転・管理に努める。

(2) 具体的な取組み

温室効果ガス削減対策は、対策の実施が可能で、かつ実効性の高い排出量削減対策から順次取り組んでいく必要があり、表-3のように段階的に実施するものとする。

表-3 下水道における温室効果ガス削減対策

段 階	概 要	対 策
第一段階 (2005年頃まで)	すぐのできる対策を導入する	運転操作条件の変更(間欠運転時間の調整、稼働池数の変更、運転水位の変更など)や、タイマーの設置による間欠運転の実施によって対応可能な対策を実施する。
第二段階 (2010年頃まで)	機器の増設・更新時に対策機器を導入する	設備増設、更新に合わせ、省エネ型機器(超微細気泡散気装置、省エネ型濃縮機・脱水機など)の導入を図る。
第三段階 (2017年頃まで)		
第四段階	できうる対策を実施する	太陽光発電、下水熱利用、小水力発電などの未利用エネルギーの活用、汚泥処理施設計画の見直しによる消化ガス有効利用の導入など。

表-4 対策メニュー毎のCO₂削減効果と費用

マイナスは出費、費用はイニシャル+ランニング

対 策 名	実施箇所	内 容	削減対象	CO ₂ 削減量 kg-CO ₂ /年	費用 千円/年	導入優先 目安	
スクリーン間欠運転	南部T	ケース1	5分→4分	電力	6,256	131.9	○
		ケース2	16回→15回	電力	1,955	41.2	○
	都P	ケース1	5分→4分	電力	218	5.6	○
		ケース2	16回→15回	電力	68	1.8	○
	黒砂P	ケース1	5分→4分	電力	412	10.6	○
		ケース2	16回→15回	電力	129	3.3	○
幸P	ケース1	5分→4分	電力	199	5.1	○	
	ケース2	16回→15回	電力	62	1.6	○	
ポンプ回転数制御	南部T	ケース1	高圧VVVF	電力	88,522	-3,927.0	□
		ケース2	低圧VVVF	電力	85,353	-2,634.0	□
主ポンプ高水位運転	南部T	0.1m上昇	電力	26,033	695.0	○	
		0.5m上昇	電力	45,257	1,208.0	○	
	都P	0.1m上昇	電力	1,956	50.0	○	
		0.5m上昇	電力	9,242	234.0	○	
	黒砂P	0.1m上昇	電力	5,570	141.0	○	
		0.5m上昇	電力	15,614	395.0	○	
流入水量に応じた池数制御	南部T	水量に応じて池数停止	電力	5,021	143.0	○	
	中央T	水量に応じて池数停止	電力	2,466	53.0	○	
汚泥掻き寄せ機間欠運転	南部T	1日1時間停止	電力	352	7.4	○	
	中央T	1日1時間停止	電力	762	16.1	○	
汚泥掻き寄せ機動力低減	南部T	鉄製→樹脂製	電力	7,207	-12,121.0	□	
	中央T	鉄製→樹脂製	電力	5,042	-15,781.0	□	
散気装置効率向上	南部T	超微細気泡散気装置	電力	912,114	189,641.0	□	
	中央T	超微細気泡散気装置	電力	803,641	113,138.0	□	
プロワ制御	南部T	インレットベーン制御	電力	80,202	-199.0	□	
	中央T	機器の更新	電力	248,658	5,249.0	□	
水中攪拌機交互運転	南部T	嫌気槽、無酸素槽攪拌機	電力	17,583	370.7	○	
	中央T	2系攪拌機	電力	1,987	41.9	○	
機械濃縮機動力低減	南部T	常圧浮上	電力	215,060	5,778.0	□	
		ベルトろ過	遠心→ベルトろ過	電力	251,335	103,911.0	□
		スクリュー	遠心→スクリュー	電力	232,240	97,361.0	□
		ろ布ろ過	遠心→ろ布ろ過	電力	217,176	85,902.0	□
		ハニカム	遠心→ハニカム	電力	266,990	103,094.0	□
汚泥脱水機動力低減	南部T	ベルト+遠心→スクリュープレスへ	電力	50,868	26,797.0	□	
脱水汚泥低含水率化	南部T	50t炉, 年間15,000t処理	電力, 燃料	627,000	-32,101.0	△	
焼却炉熱回収	南部T	50t炉, 年間15,000t処理	電力, 燃料	970,000	-40,103.0	△	
焼却炉燃焼空気量の調整	南部T	50t炉, 年間15,000t処理	電力, 燃料	441,000	6,334.0	△	
焼却炉温度管理(高温熱回収)	南部T	50t炉, 年間15,000t処理	電力, 燃料	250,000	-29,625.0	△	
蒸気タービン発電	南部T	50t炉, 年間15,000t処理	電力, 燃料	17,000	-42,965.0	△	
脱臭ファン間欠運転	南部T	沈砂池, 濃縮, 脱水, 焼却	電力	14,888	406.0	○	
	都P	沈砂池, 他	電力	4,139	124.0	○	

※導入優先目安の記号は第一段階「○」:費用がかからないか、安価に導入できる、第二段階「□」:費用はややかかるがCO₂削減効果は大きい、第三段階「△」:費用大でCO₂削減効果は大きいとした。

「千葉県地球温暖化対策実行計画」の目標年である平成17年度までは、運転操作条件の変更やタイマーの設置などによる対策によって、平成17年度の排出見込み量15,116t-CO₂を可能な限り下回ることを目指していく。中長期的には、機器の増設・更新時に合わせた対策機器の導入を実施し、さらなる温室効果ガス排出量の削減のため、未利用エネルギーの活用、汚泥処理施設計画の見直しによる消化ガス有効利用の導入などを検討していく。

3.4 温室効果ガス削減量の試算

(1) 第一段階～第三段階の効果

設備機器毎の省エネルギー対策について、CO₂削減量と費用の関係を表-4に示した。

これらの対策を実施することにより、CO₂排出量は図-6のようになる。図より、第一段階（平成17年頃まで）においては、CO₂削減量は約110t-CO₂/年と少ないが、平成17年以降の第二段階では約2,470t-CO₂/年を見込める。さらに、第三段階の平成29年は約6,200t-CO₂/年の削減が見込めるが、

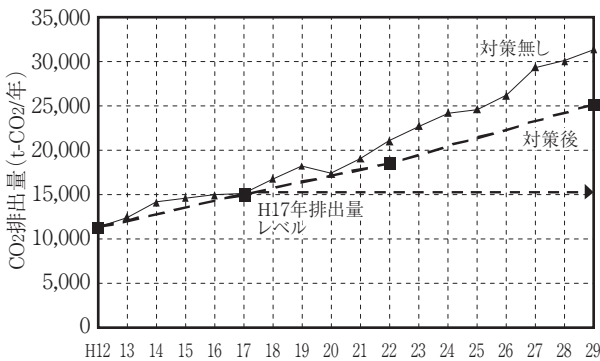


図-6 対策実施後のCO₂排出量

流入水量の伸びも大きく、CO₂排出量自体が3万t-CO₂/年となるため、これらの対策だけでは約24,000t-CO₂/年のCO₂排出量となる。このため、平成17年と同等の排出量（約15,000t-CO₂/年）を維持するためには、残り約9,000t-CO₂/年程度の削減が必要となる。

(2) 流入水量の評価

現状の将来計画では、流入水量は現況に対して平成29年度には2倍以上の伸びを見込んでいるが、実際には人口増加率の低下等の理由により水量の伸びが少なくなると考えられる。図-7に全国および千葉県の人口増加率を示す。図より、千葉県においては、平成22年から27年をピークに減少に転じてくるものと考えられる。

以上のことから、計画水量の伸びは図-8に示したように、南部浄化センターにおいては、平成

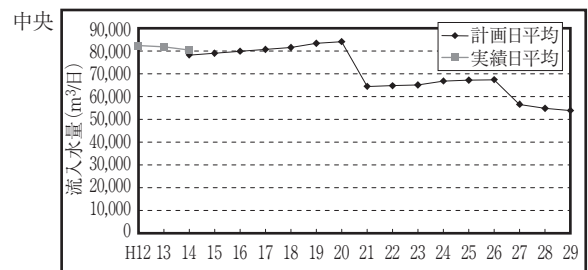
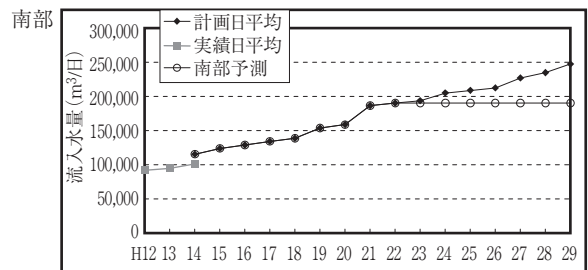


図-8 今後の水量の伸び

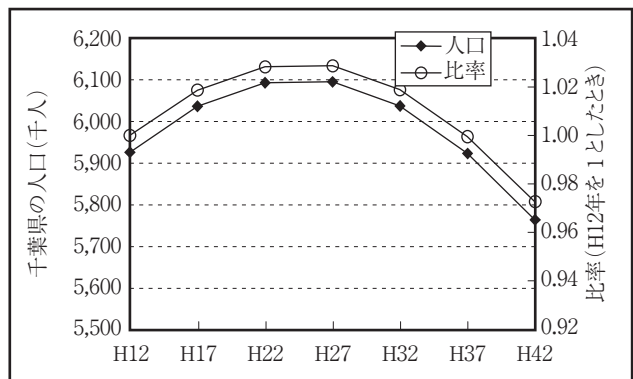
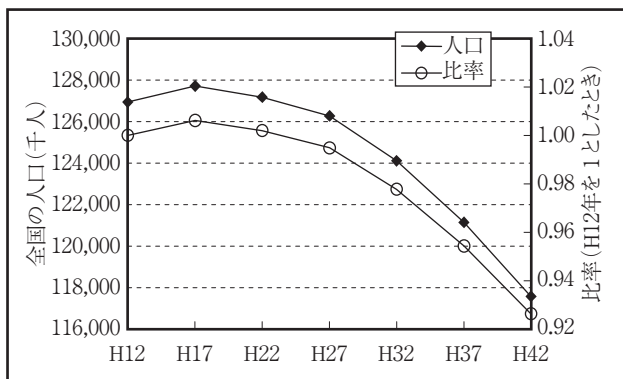


図-7 人口と人口増加率

〈出典：都道府県の将来推計人口 (H14.3, 国立社会保障・人口問題研究所)〉

22年以降は約19万m³/日がピークになると考えられる。この結果、平成29年度の計画水量約25万m³/日より約6万m³/日以上減少することとなる(計画の75%以下)。

したがって、**図-9**、**表-5**に示したように人口の伸びが鈍化し、平成22年レベルの水量およびCO₂排出量で推移するならば、第三段階までの対策を実施すれば、平成17年度レベルとほぼ同等の排出量で推移できるものと推測される。

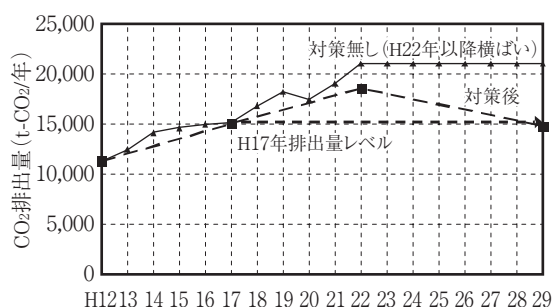


図-9 平成22年度の流入水量で推移したときの削減効果

表-5 平成22年度の流入水量で推移したときの削減効果

	温室効果ガス排出量(t-CO ₂ /年)
無対策	21,010
第三段階までの対策による削減効果	6,187
対策後	14,823
目標	15,116

3.5 第四段階の効果

図-10に示すように、第四段階の対策を実施した場合には、さらに約5,700t-CO₂/年の削減が見込まれる。

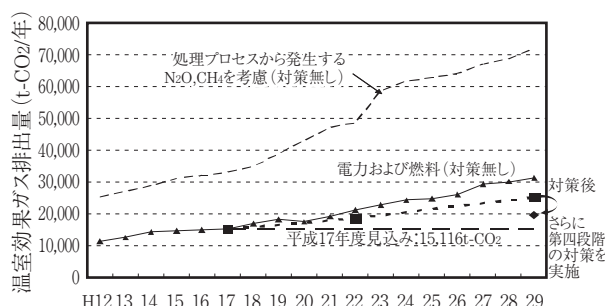


図-10 温室効果ガス総排出量の推移

4. まとめ

- (1) 浄化センターにおける電気使用量および燃料使用量に伴い、平成12年度には約11,300t-CO₂の二酸化炭素が排出され、このうちの85%が電力消費に伴う排出であった。
- (2) 電力消費の内訳を見ると、送風機が南部浄化センターで29%、中央浄化センターで59%と多くを占めていた。
- (3) 処理水量の増加および高度処理の導入による施設の高度化などに伴い、電力および燃料消費による二酸化炭素排出量は、平成29年度には平成12年度の約2.8倍に増加する見込みとなった。
- (4) 平成29年度までの削減効果は、設備の運転改善・更新対策で約6,200t-CO₂/年、太陽光発電等により、さらに約5,700t-CO₂/年の削減が見込まれる。
- (5) これらを踏まえ、千葉市下水道施設における地球温暖化防止対策を策定した。

●この研究を行ったのは

研究第一部長
研究第一部主任研究員
研究第一部研究員

田中 修司
白崎 亮
国分 剛

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長
研究第一部主任研究員
研究第一部研究員

堀江 信之
吉澤 正宏
国分 剛