

通过改善污泥处理运行削减燃料

大阪府都市整備部 南部流域下水道事务所
今池管理中心

1. 背景

大阪府的流域下水道在 2008 年进行了大规模的组织改革，从以往的“建设归大阪府，维护和管理归一部事务工会”的方式改为建设和维护管理一体化归大阪府管理，公共部门会计也转为“特别会计”方式，进一步实现了组织精简和成本缩减。在该漩涡中的今池水未来中心也从 2004 年起加速推进作为“继承-日本的四季委员会”实施的节能活动，着眼于以往一直悬而未决的重力浓缩浓度改善。另外，本文后半部分还概况了过去 4 年间的燃料削减实绩。

2. 措施内容

2.1 对象设备的概略工序



图-1 下水处理流程

多数下水处理场中，为了有效利用为减少处理工序中产生的污泥的体积而使用的污泥脱水设备，将从最初沉淀池产生的固体物浓度低的污泥在重力浓缩槽进行固液分离，以此提高浓度。今池水未来中心也是这样操作的，但是水温上升和消化槽脱离液的恶化等多种原因导致在浓缩浓度降低的同时，还衍生出后段脱水污泥含水率上升、焚烧炉燃费恶化等问题，因此采取了这些改善措施。另外，后面的“3.效果”一项中，概括了 2004 年到 2008 年的燃料削减效果。

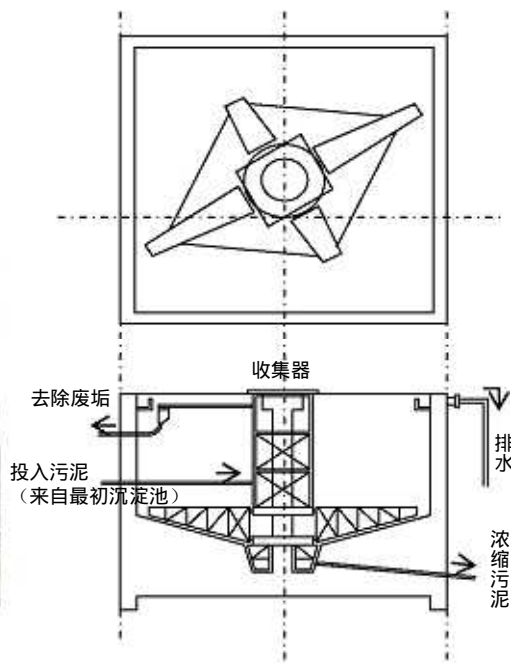


图-2 重力浓缩槽

2.2 把握现状及分析

在今池水未来中心，有作为污泥循环处理设备的蛋形消化槽，随着接受粪便、重力浓缩污泥、投入加压上浮浓缩污泥所生产的沼气被作为焚烧炉的辅助燃料有效利用。以前对从该消化槽脱离的消化污泥都是进行单独脱水处理，但是因其难脱水性，致使污泥的循环（处理不净的低浓度污泥在多个沉淀地循环）频发，使重力浓缩槽中的沉降性恶化。作为改善措施，将消化污泥返回到沉砂池，用流入水洗净后，进行重力浓缩，以此消除污泥循环。另外，在高温期污泥的腐败多发，因此在努力加强重力浓缩槽中的污泥界面管理（参考表-1）的同时，为了防止在流入管渠内出现污泥沉降，采取了实施流入泵井的低水位运转等改善浓缩浓度的诸多措施，为了实现更加恒定的改善，决定研究新的对策。

表-1 重力浓缩槽界面管理指标

时期	管理值	污泥温度	备注
12月初旬~3月下旬	1.0m前后、在早晨9:00, 为0.5m以下	20以下	界面测定次数 6次/日+α 测定时刻（各整点） 3· 6· 9· 13· 18· 23
3月下旬~五月黄金周前	1.0m以上	21	
黄金周前~5月下旬	1.0m前后	24	
5月下旬~8月中旬	1.0m以下	26~30	
8月中旬~12月初旬	1.0m以下、在早晨9:00, 为0.5m目标	22~28	

(1) 现状的把握

从最初沉淀池 I、II 系（从 2008 年 4 月起提供使用 系）中抽到重力浓缩槽的污泥，其目标浓度为固体成分达 1%左右，令各自的抽水泵间歇运转，重力浓缩后的浓缩浓度在低温期上升，在高温期下降（参考图-3），打个比方就如同血压一样，反复变化。

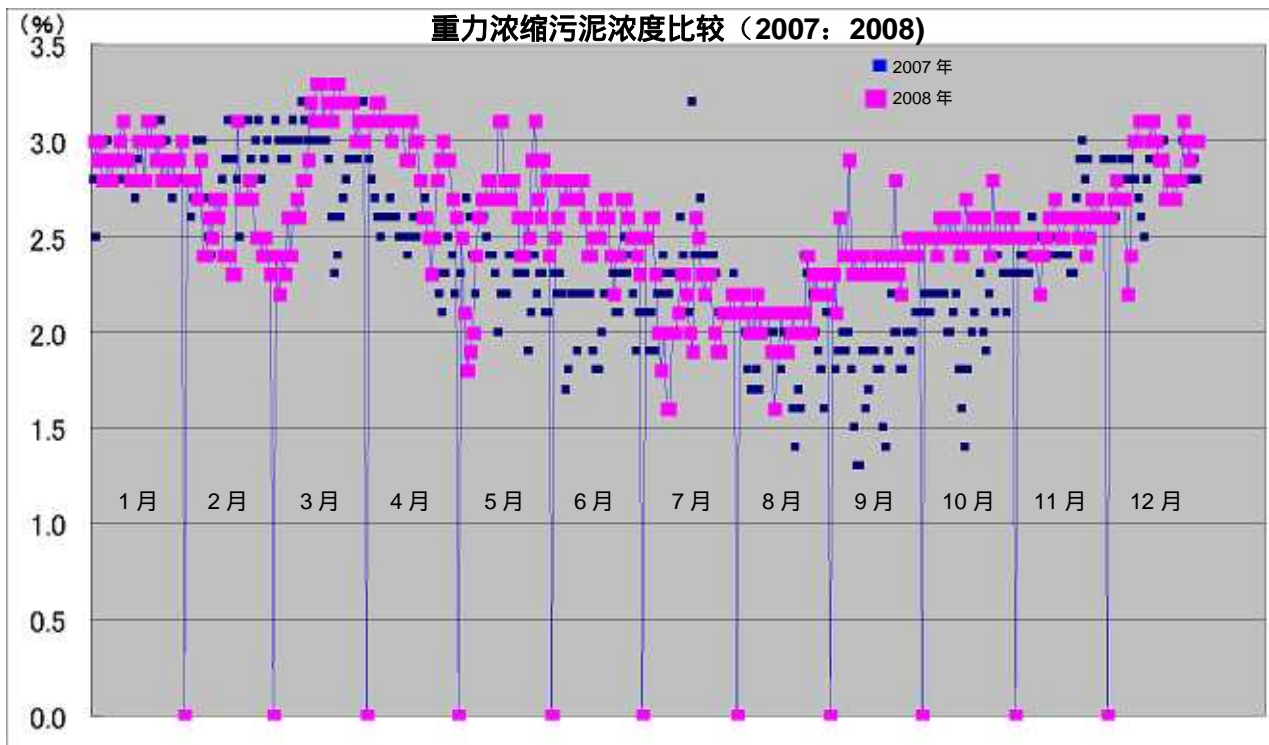


图-3 2007 年 VS 2008 年 重力浓缩污泥浓度比较

(2) 现状分析

按照之前叙述的内容在实施针对浓缩浓度改善的各种措施的同时，特别调查了导致污泥循环浓度不足 2% 的期间，为 5 月~10 月的半年时间，其中，8~9 月，月内 1/2~1/3 的期间都是低浓度（图-3）。

2.3 活动经过

“继承-日本的四季委员会”自成立以来，反复进行重力浓缩浓度改善方案的起草与试行，虽然感觉日趋稳定，但是每年出现数次低浓度的现象依旧没有解决。2007 年夏，曾经为了重力投入污泥进行清洗，直接改良氯乙烯配管，尝试清洗处理水中的污泥，由于泵能力过大，无法进行调节运转，不得不重新研究。

2.4 改善内容

重力浓缩槽与以往的浓度改善相关的一系列运转方法（消化污泥的沉砂池返流、污泥界面管理的强化、流入泵井的低水位运转）中是否有失误，现状是否有遗漏等，返回槽内管理的初衷，着手提取应进一步改善的事项。

(1) 改善前的运转方法

根据表-2，作为运转指标的滞留时间（HRT），到措施试行之前的 2007 年 10 月为止，是低于一般值 12 小时的 8~10 小时左右，有关¹固体物负荷，是低于指标值 $90\text{kg}\cdot\text{ds}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 的 $50\sim 70\text{kg}\cdot\text{ds}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，不是会特别阻碍沉降的数值。

表-2 2007 年 VS 2008 年 重力浓缩槽运转状况

重力浓缩槽规格

槽容量 363 $\text{m}^3/\text{槽}$ 11m x3mHx2 槽 水面积 121 $\text{m}^2/\text{槽}$

月	投入污泥量 ($\text{m}^3/\text{月}$)				浓度 (%)		固体物量 ($\text{kg}\cdot\text{ds}/\text{d}$)		HRT (h) (一般为 12h)		固体物负荷 ($\text{kg}\cdot\text{ds}/\text{m}^2\cdot\text{d}$) (低于90)	
	2007		2008		2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
	1	54,992	1,774	87,373	2,818	0.8	0.5	14,191	14,092	9.8	6.2	59
2	49,404	1,764	81,631	2,815	0.7	0.5	12,351	14,074	9.9	6.2	51	58
3	55,140	1,779	85,186	2,748	0.8	0.5	14,230	13,740	9.8	6.3	59	57
4	54,347	1,812	79,852	2,662	0.9	0.6	16,304	15,970	9.6	6.5	67	66
5	56,326	1,817	77,658	2,505	0.9	0.6	16,353	15,031	9.6	7.0	68	62
6	54,329	1,811	75,103	2,503	0.9	0.6	16,299	15,021	9.6	7.0	67	62
7	65,642	2,117	76,576	2,470	0.8	0.5	16,940	12,351	8.2	7.1	70	51
8	65,576	2,115	77,429	2,498	0.6	0.6	12,692	14,986	8.2	7.0	52	62
9	70,864	2,362	74,521	2,484	0.6	0.6	14,173	14,904	7.4	7.0	59	62
10	89,544	2,889	77,012	2,484	0.6	0.6	17,331	14,906	6.0	7.0	72	62
11	85,994	2,866	74,987	2,500	0.5	0.6	14,332	14,997	6.1	7.0	59	62
12	89,147	2,876	77,559	2,502	0.5	0.7	14,379	17,513	6.1	7.0	59	72
合计	791,305	25,982	944,887	30,989			179,574	177,586				
平均	65,942	2,165	78,741	2,582	0.7	0.6	14,965	14,799	8.4	6.8	62	61

1 固体物负荷 = 投入污泥量 (m^3/d) × 固体物浓度 ($\text{kg}\cdot\text{ds}/\text{m}^3$) ÷ 水箱的水面积 (m^2)
(固体物负荷超过 $90\text{kg}\cdot\text{ds}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，则固体物回收率呈下降趋势。)

表-3 2007年 VS 2008年 重力浓缩污泥浓度

月	重力浓缩污泥量				浓度		固体物量	
	2007		2008		2007	2008	2007	2008
	(m ³ /月)	(m ³ /日)	(m ³ /月)	(m ³ /日)	(%)		(kg•ds/d)	
1	13,483	435	12,640	408	2.9	2.9	12,613	11,825
2	11,014	393	11,290	389	2.8	2.7	11,014	10,511
3	12,705	410	11,916	384	3.0	3.1	12,295	11,916
4	16,378	546	14,120	471	2.9	3.2	15,832	15,061
5	18,794	606	15,848	511	2.3	3.0	13,944	15,337
6	20,591	686	14,211	474	2.5	2.8	17,159	13,264
7	19,053	615	17,441	563	2.6	2.4	15,980	13,503
8	21,029	678	17,602	568	1.9	2.0	12,889	11,356
9	21,025	701	16,166	539	1.6	2.7	11,213	14,549
10	17,303	558	15,208	491	1.8	2.7	10,047	13,246
11	14,954	498	16,650	555	2.4	2.6	11,963	14,430
12	13,593	438	13,629	440	2.8	2.8	12,278	12,310
合计	199,922	6,566	176,721	5,792			157,227	157,308
平均	16,660	547	14,727	483	2.46	2.74	13,102	13,109

(2) 改善方法的验证 (参考表-2 及 图-4)

一直建议实施向重力浓缩槽投入的污泥固体物浓度低于1%的低浓度投入，之前都是持续进行0.7~0.9%左右的投入，但着眼于通过进一步降低该浓度实现浓缩浓度的改善，开始从2007年10月起着手试行。作为降低投入污泥浓度的方法，缩短了最初沉淀池中污泥的滞留时间，这一点通过加大最初沉淀池污泥的抽出量轻易地就实现了，而且重力浓缩槽的HRT也缩短到6~7小时。

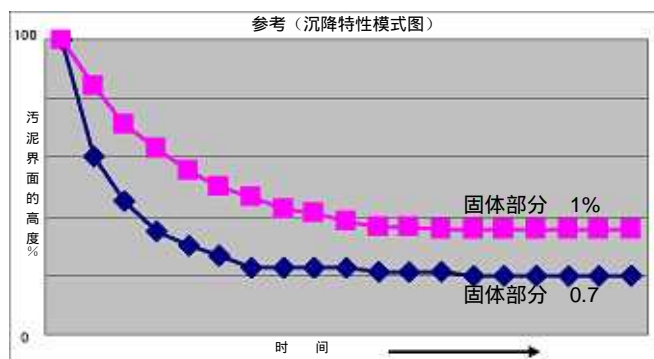


图-4 投入污泥中的固体物浓度导致的沉降特性模式图

(3) 改善结果

从2007年10月开始试行的投入浓度降低化对策如图-3所示，能得到的重力浓缩污泥浓度虽然每月稍有高低起伏，但是总的来说，2008年浓度都高于2007年。顺便说一下，开始试行前的2007年1月~9月及2008年1月~9月的各9个月间发生的低浓度(1%台)次数从2007年的43次骤减到2008年的13次。另外，表-3中对比了重力浓缩污泥量及其浓度等的2007 VS 2008月度数值。重力浓度的平均值为2.46% VS 2.74%，2008年浓度改善0.28%。

下水处理场中的重力浓缩槽是利用重力这一自然力的简单的构造物，通常会遵照规格表在最初沉淀池抽出污泥浓度1%左右进行运转管理，一旦运转模式固定，就不必经常修正。另外，管理指标值如果一直在基准内，就更不需要了。但是，从此次节能观点出发，永不满足地进行追求的结果是，HRT(滞留时间)管理指标值的12小时被进一步缩短到50~60%，这一冒险取得成功。由于是通过仅延长初沉污泥抽取泵的运转时间进行作业追加来实现的，也充分具有在其他下水处理场、有废液设备的事业场进行试用的价值。

3. 效果

3.1 浓缩改善中衍生出的节能效果

重力浓缩污泥浓度的改善在实现作为后道工序的压带机脱水时的药品使用量的减少、脱水污泥(泥饼)含水率降低的同时,降低了焚烧炉燃费(表-4 参照)。

以胶状微粒子为主体形成的污泥粒子表面具有因负电荷而相互排斥的性质。通过投入药品,缓和排斥,通过粒子的结合改善固液分离,提高脱水性,但是浓度低的情况下,由于胶状微粒子增加,需要添加过多的药品。但是在浓度升高的同时,改善这些,脱水泥饼含水率也会进一步减少,因此带入焚烧炉内的水分量会降低,从而减少燃料消费量。获得构成所谓图 5 的“改善的三角形”的效果。

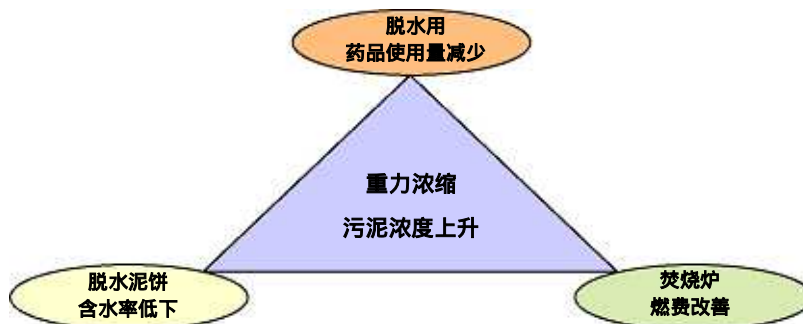


图-5 改善的三角形

表-4 药品·燃料减少一览表

年	脱水				焚烧		初沉污泥 抽取泵 电量 kwh
	泥饼		药品(高分子凝集剂)		A 重油 L	(参考) 消化气 m ³	
	发生量 吨	含水率 %	使用量 Kg	注入率 %			
2007	26,081	76.6	36,250	0.56	186,916	329,460	36,717
2008	27,631	76.4	33,834	0.52	143,677	281,832	43,843
2008-2007	1,550	-0.2	-2,416	-0.04	-43,239	-47,628	7,126

泥饼含水率为 4 次/月的分析平均值, 实际状况的差异超过该值。

根据以上表-4, 尽管脱水泥饼生成量增加 1,550 吨/年(约 6%), 但是消耗品的减少方面, 脱水用药品为 2,416kg/年(约 3,382,000 日元)、焚烧炉重油为 43,239L/年(约 3,113,000 日元), 相反初沉污泥抽出量增量导致泵耗电量增加 7,126kwh(约 70,000 日元), 因此能够节约经费差额合计 6,425,000 日元/年。另外, CO² 及能量减少量(原油换算)如表-5 所示。顺便说一下, 表-5 的削减量相当于从今池水未来中心排放的 CO² 的约 5 天的量, 能量相当于约 3 天的量。

表-5 CO² 及能源减少(原油换算)一览表

CO ₂ 削减量 (CO ² -吨/年)			能源削减量(GJ/年)		
重油	电力	计	重油	电力	计
116.0	-2.4	113.6	1,691	-69	1,622

消化气由于是废弃物(污泥)回收能源, 因此不属于能源对象。

3.2 历年燃料削减效果

在今池水未来中心，除了此次削减对象的焚烧炉燃料，用于污水的抽水、雨水的排除的引擎泵中也使用重油。2004年以后开始的节能活动中，在此期间，随着水洗化率的升高，污泥（泥饼）产生量增加，包含引擎泵在内的燃料总使用量和削减量如表-6、7及图-6中总结的一样，活动中的不断努力取得了结果，几乎每年都呈现出降低趋势。另外，受这些成果的影响，如图-7、图-8所示，CO₂排放量、能源使用量也得以减少。

表-6 燃料总使用量变化表

年	焚烧泥饼		燃 料					
			引擎泵等	焚烧炉		原油换算总使用量	CO ₂ 排放量(消化气除外)	能源使用量(消化气除外)
	投入量	含水率	重油	重油	(参考)消化气			
	吨	%	L	L	m ³	L	CO ₂ -吨	GJ
2004	25,420	79.6	119,447	339,258	343,350	837,130	1,230	17,935
2005	26,443	79.5	36,463	326,304	335,564	730,596	973	14,184
2006	27,196	78.7	60,018	230,655	234,530	548,628	780	11,365
2007	26,629	78.9	39,670	186,916	329,460	584,671	608	8,860
2008	27,594	78.7	38,980	143,677	281,832	488,713	490	7,142

2007年焚烧泥饼量减少是因为：对蛋形消化槽的污泥投入量比例年增多，污泥中的固体物气化，消化气产生量增加，相反泥饼量减少。焚烧炉定期检查时的泥饼外部搬出量比例年多。

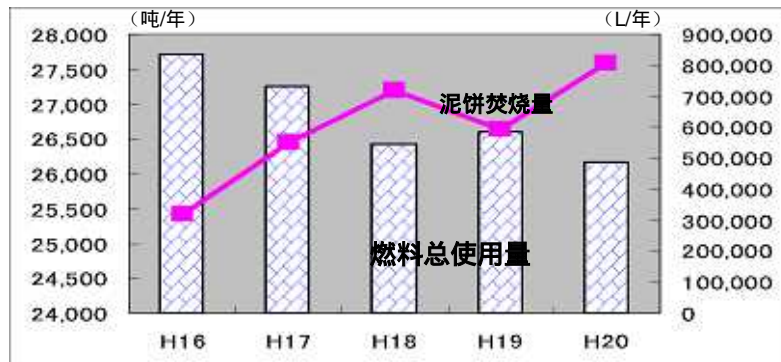


图-6 泥饼焚烧量与燃料总使用量（原油换算）

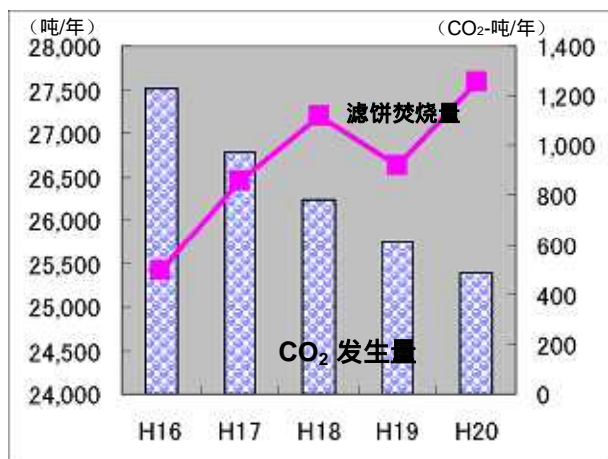


图-7 泥饼焚烧量与 CO₂ 发生量

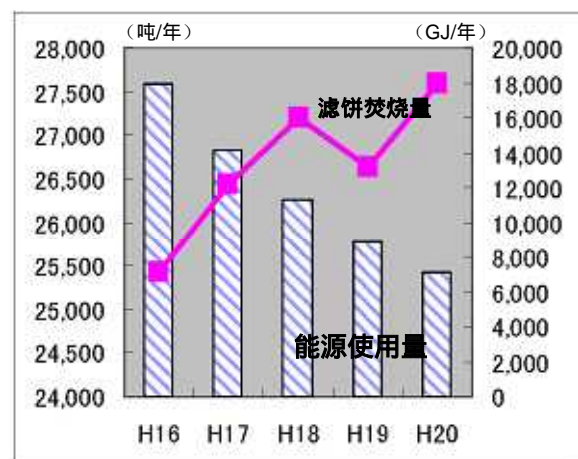


图-8 泥饼焚烧量与能源使用量

表-7 燃料削减量与主要节能效果（数值为同比）

年	原油换算 削减量 L	削减率 %	主要节能效果
2004	0	-	是节能改善方案的积累年，从2005年开始实行。
2005	106,534	12.7	通过彻底实施焚烧炉内硅砂管理，改善炉燃费并通过修正引擎泵试运转间隔削减燃料。
2006	181,968	24.9	将加压上浮浓缩从无药剂注入变为药剂注入，结果浓缩浓度改善，使得焚烧炉燃费减少。
2007	-36,043	-6.6	运用处理水进行污泥洗净的尝试还没有得到改善。
2008	95,958	16.4	重力浓缩槽 HRT 缩短带来的浓缩浓度改善使得焚烧炉燃费改善。

另外，以 2004 年的成本单位基进行 4 年间的比较，结果 A 重油合计减少量为约 552kL，减少约 3,800 万日元。

下水处理场由于设备数、使用能源较多，是节能对象物的宝库。此次的对象燃料是长期挑战通过将引擎泵的功能维持及运转熟练为目的的试运转次数降低到不偏离目的界限范围内实现节能以及焚烧炉中被燃烧物（污泥）的性状改善（水分减少）的成果，在水洗化率不断升高的该水未来中心，燃料总使用量呈现出每年下降的趋势，4 年间约减少一半，该事例估计在国内也属罕见。1~2 个月一次的节能委员会和委员会之前的团体会议的持续进行作为日常工作固定下来，节能措施不仅证明了“坚持就是力量”，在有脱水机和焚烧炉的处理场的通用性也很高。

此次的主题以燃料为对象，但是有关电力，到 2008 年新提供水处理设备为止，建议的节能措施取得成功，使用量低于 2004 年。从表-8 及图-9，燃料的削减效果对 2008 年现在的 CO₂ 排出量及能源使用量都有所贡献，2008 年现在的 CO₂ 排放量及能源使用量低于 2004 年。

表-8 今池水未来中心 历年总能源等变化表(原油换算)

年	燃料		电力		合计	
	CO ₂ 吨	能源 GJ	CO ₂ 吨	能源 GJ	CO ₂ 吨	能源 GJ
2004	1,230	17,935	7,092	203,391	8,322	221,326
2005	973	14,184	6,913	198,257	7,885	212,441
2006	780	11,365	6,909	198,149	7,688	209,515
2007	608	8,860	6,941	199,077	7,549	207,936
2008	490	7,142	7,144	204,879	7,633	212,021



图-9 历年总能源等变化图（原油换算）

在大阪府“小改善也不可忽视”的姿态是大阪府政府改革的巨大原动力，工作的效率化和成本抑制、提高府民满意度的努力等业务改善得到推进。

在今池水未来中心，已经不再是像以往那样仅从维护管理角度观察，通过大阪府流域下水道组织改革实现一元化的维护管理和共建作业，还纳入了建设方的观点，为了开展由维护和建设合作进行的节能活动，帮助府改善业务，进一步开展节能活动。