

하수처리운전방식 및 단위공정시설 개선을 통한 비용절감

신순재, 임태경, 신기봉 _ 경기도 평택시 건설도시국 하수과

서론

살기 좋은 환경도시에서의 하수처리는 매우 중요하고 필수적인 시설이라 하겠습니다. 그러기에 하수종말처리장에서의 적절한 하수처리를 위해서는 효율적인 처리공법의 선정 및 설계와 유지관리가 중요하며, 적절한 공법을 선정하고 최적의 운전방법을 결정하여 시공이 되었다 하더라도 실질적인 운전 및 유지관리기술이 정립되어 있지 않으면 효율적인 처리가 어렵습니다.

우리 평택시는 1998년 일처리용량 7만톤의 통복·장당하수종말처리장이 준공되면서 본격적으로 생활하수를 처리하기 시작하여 2005년 현재 4개소 120,000톤의 하수종말처리장 시설을 운영관리 하고 있으며, 2006년도에는 90,000톤이 준공예정이며 앞으로도 지속적으로 환경기초시설분야인 수질환경보전에 기여하고자 노력하고 있습니다.

4개 처리장 중 통복하수종말처리장을 운영하면서 발생된 문제점 중에 운전방법 및 단위공정을 개선하여 이룬 성과는 다음과 같습니다.

첫째 : 통복하수종말처리장의 시설용량은 30,000톤/일이나 2004년도 하수유입량은 위생처리장의 분뇨를 포함 41,200톤/일이며, 일 11,200톤 초과유입으로 인한 포기조등 단위처리공정에서의 과부하로 체류시간(HRT)이 단축되어 양질의 수질을 생산하기가 매우 어려운 실정임.

둘째 : 당초 처리장 설계유입수질은 BOD, SS가 각각 150ppm이나, 실제 하수유입수질인 BOD 146ppm, SS 119.9ppm, 분뇨 BOD 2,379ppm, SS 3,093ppm이며, '98~현재까지 연계처리 후 실제유입수질은 BOD 186ppm, SS 223ppm으로 설계수질 기준보다 BOD 36ppm(24%), SS 73ppm(48.6%) 고농도로 유입되고 있어 하수처리 시설증설이 더욱 절실히 요구되고 있음.

셋째 : 특히 동절기에는 수온이 낮아 미생물 증식 및 활동이 매우 둔화되어 일 11,200톤 초과 유입량을 증설 또는 단위공정개선 없이 기존처리시설로 현행 방류수 수질기준을 준수한다는 것은 어려움을 더욱 가중시킴.

이와 같은 문제점들을 경제적이고 효율적으로 처리하기 위해 많은 사업비가 투자되는 시설개량 없이 시설의 운전방식변화와 단위공정시설개선을 통하여 방류수수질을 기준치 이내로 방류하였으며, 예산을 절감하고자 합니다.

한편, 평택시 통계연보에 의하면 상주인구는 1999년(354,073인) 이후 매년 1.3~2%씩 증가하면서 상수

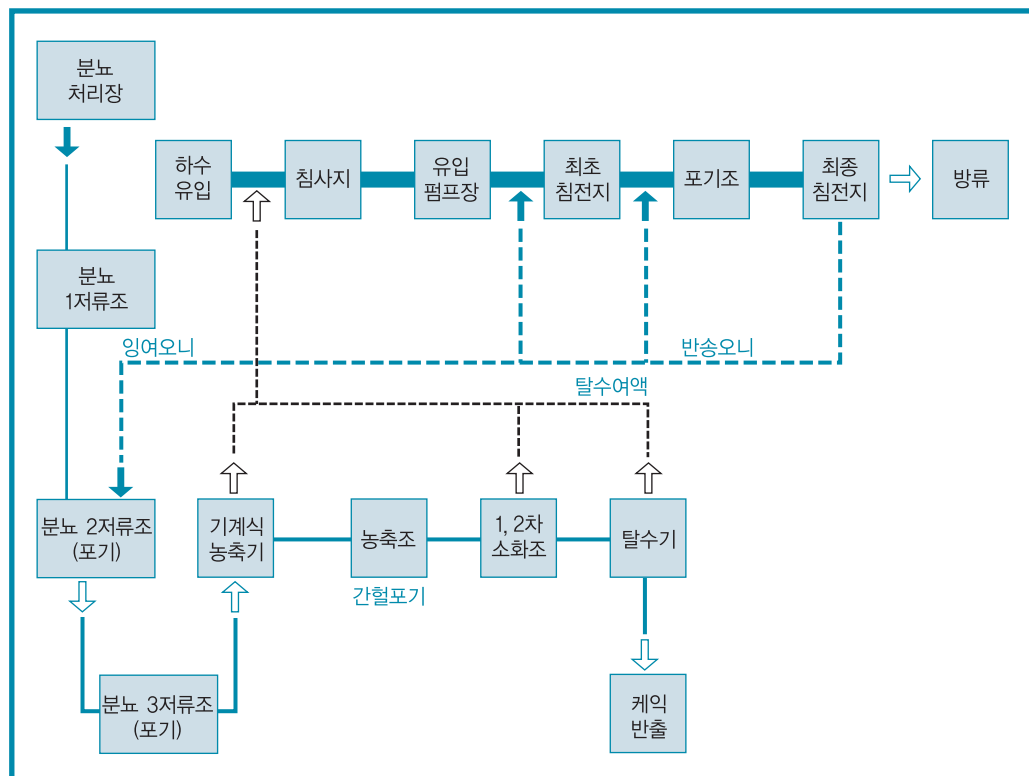
도 사용량 역시 2~6%씩 증가하고 하수발생량도 함께 증가하고 있다. 따라서 환경기초시설을 통한 평택시의 도시기반시설 확충과 주거환경개선은 물론 방류수역인 안성천, 통복천 및 평택호의 수질오염을 막아 평택시 생활환경 개선과 도시미관을 제고하고, 시민의 레저활동 및 원활한 용수확보와 시 재정비용 절감을 위해 저비용 고효율적 하수처리의 운전방식변화와 단위공정시설개선을 통한 비용절감에 그 뜻을 두고자 합니다.

본 론

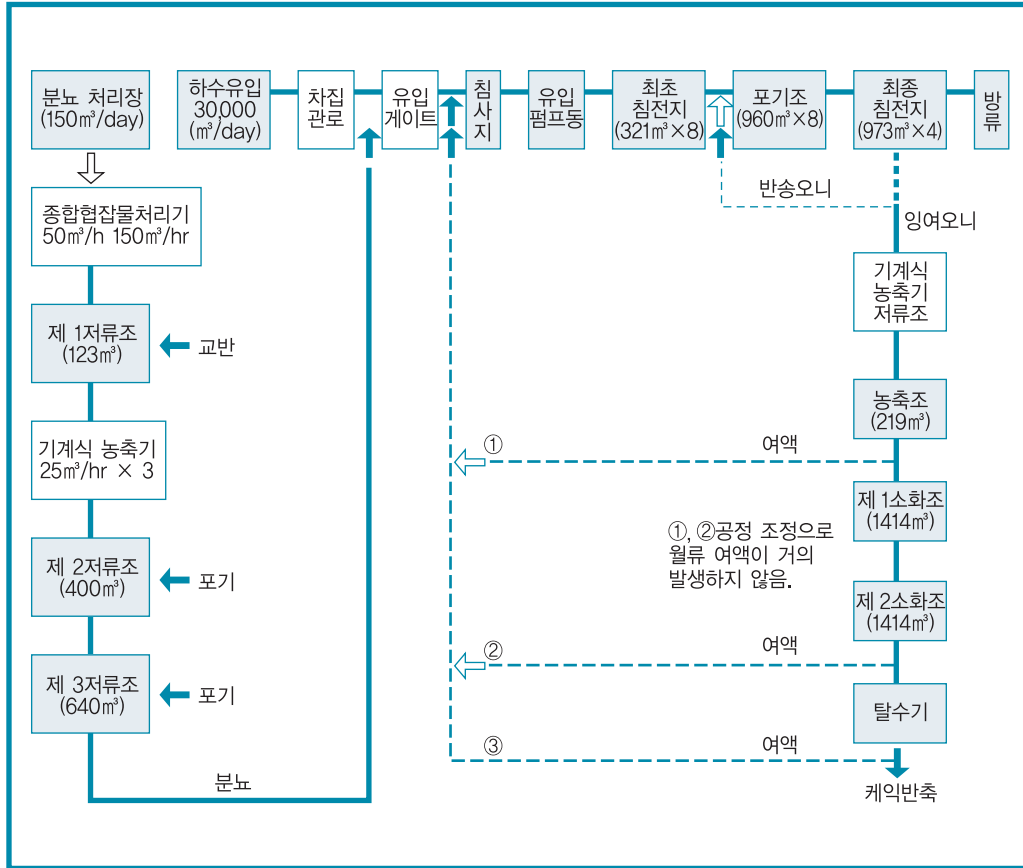
1. 추진배경

(1) 일반사항

- 시설명 : 평택시 통복 하수종말처리장
- 위 치 : 경기도 평택시 통복동 197-1번지
- 시설규모
 - 처리구역면적 : 6.1 km²
 - 처리부지면적 : 45,200 m²
 - 처 리 용 량 : 30,000 m³/일
 - 차 집 관 로 : 12,076 km
- 처리공법 : 표준 활성슬러지법
- 하수처리 계통도(변경전)



■ 하수처리 계통도(변경후)



(2) 기존 처리장의 문제점

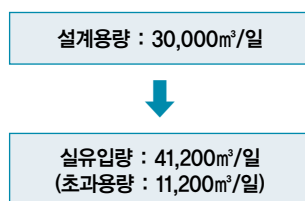
항목		BOD (ppm)	SS (ppm)	특기사항
하수	설계치	150	150	• 고도처리 배재
	현운영상태	146	120	• 분뇨연계처리 배재
분뇨	설계치	3,200	-	• 단독처리 ⇨ 통복천 방류
	현운영상태	2,379	3,093	
연계처리후		186	223	• 하수 + 분뇨 연계처리

1) 유입수질상태

▶ 설계수질 기준보다 BOD 24%(36 ppm), SS 48.6%(73 ppm) 과부하 상태

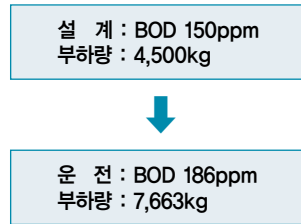
2) 통복 하수종말처리장 하수유입용량 초과에 대응한 수처리 정상화의 필요성

▶ 시설용량 초과 유입량으로 인한 과부하로 공정운전에 양질의 수질생산이 어려움



3) 연계처리(하수 + 분뇨)로 인한 과부하에 대응한 수처리 정상화

- ▶ 하수 + 분뇨의 혼합 연계처리에 따른 고농도 유입으로 인한 처리대책 미흡



4) 기존(30,000 톤/일) 처리시설을 이용한 운전방식개선 및 단위공정시설개선으로 수처리 정상화

(3) 추진과정(운전개선 착안계기)

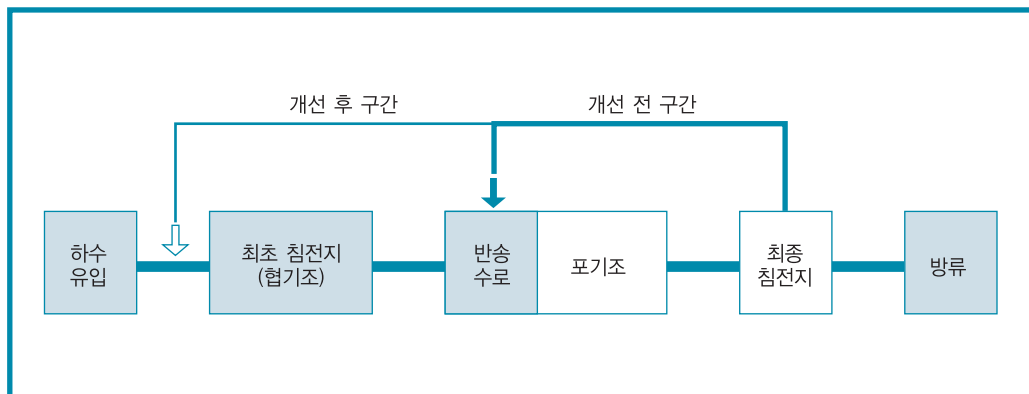
- 1) 통북 하수종말처리장의 설계시설용량은 30,000m³/일이나 하수유입량은 41,200m³/일이며, 11,200m³/일 초과 유입되어 공기공급조 운영관리에 난이
- 2) 당초 설계에 반영되어 있지 않은 분뇨(BOD 4,101ppm, SS 9,224ppm)를 연계처리함으로 인하여 기존 하수처리장 단위공정에 부하가 가중되고 있는 실정
- 3) 2006년부터 추가 증설시설 없이 기존 처리장의 운전방식개선과 단위공정개선으로 최적의 하수처리로 예산 비용을 절감

(4) 운전방식변화 및 단위공정시설개선(개량)

1) 운전방식 개선

반송슬러지 투입지점 변경

⇒ 고행물체류시간(SRT)를 늘려 포기조내의 미생물의 농도증가 처리효율 증가



▶ 개선효과

- ① 개선 후 처리수질은 개선전에 비해 BOD 5.4%, COD 9.7%, SS 3.2%, T-N 18.1%, T-P 41.8%의 효율이 개선 증가됨
- ② 유기물과 미생물의 접촉·분해 및 체류시간(2시간) 연장에 의한 포기조 유기물 농도(MLVSS) 증가

■ 개선에 따른 방류수 수질(반송오니 초침 투입 전·후)

구분	일자	HRT	포기조 용적부하	F/M비	SRT	MLSS	방류수질 농도				
							BOD	COD	SS	T-N	T-P
개선전	2003.12	5.9	0.47	0.46	11.3	1,448	17.6	10.4	13.1	25.807	2.728
개선후	'04.1~4	6.3	0.65	0.38	9.3	2,338	15.6	10.6	12.4	24.508	1.454
변화율	%	106.8	138.3	83.4	82.6	161.5	88.6	101.9	94.7	95.0	53.3

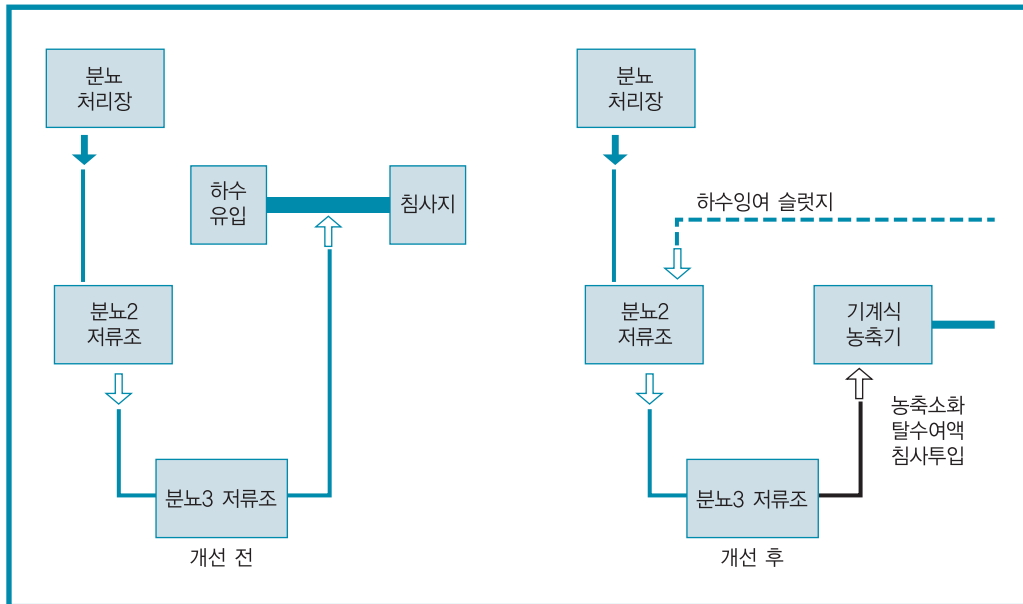
▶ 개선효과

- ① 공정개선에 의한 고도처리 공법활용(1차 침전지 일부를 혐기성조로 개조활용)
- ② 영양염류물질(부영양화)인 질소, 인 제거로 안성천, 통복천 수생태계 보호

하수 잉여슬러지를 분뇨저류조에 투입혼합

▷ 농도를 저감(호기성 미생물에 의한 섭취분해)시킨 후 하수처리장 농축조 및 소화조에서 고농도로 농축·소화처리 후 탈수하여 하수처리장의 유기물 과부하 방지.

- 당초 : 고농도의 분뇨(BOD 2,379ppm, SS 3,093ppm)를 물리적 전처리 후 하수처리장 침사조에 투입으로 포기조의 운영관리에 부정적 영향 발생.
- 변경 : 처리장 잉여오니를 분뇨처리장 저류조에 투입 집축분해하여 처리장 농축조, 소화조에서 소화 처리된 탈리여액(BOD 292ppm, SS 435ppm)을 침사조에 투입 포기조를 최적의 상태((BOD 146ppm, SS 121ppm)로 유지시킴.



■ 개선에 따른 제거율(기계농축 → 혐기소화, 농축탈리액 → 침사지)

구분	일자	하수 유입수질					방류수 수질				
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	BOD	COD	SS	T-N	T-P
개선전	2004년	145.5	40.9	116.3	41.689	4.581	14.8	9.4	9.4	22.412	1.579
개선후	'05.7~8	110.4	31.2	87.9	30.433	4.335	9.5	8.4	6.3	17.893	1.850
변화율	%	75.9	76.3	75.6	73.0	94.6	64.2	89.4	67.0	79.8	117.2

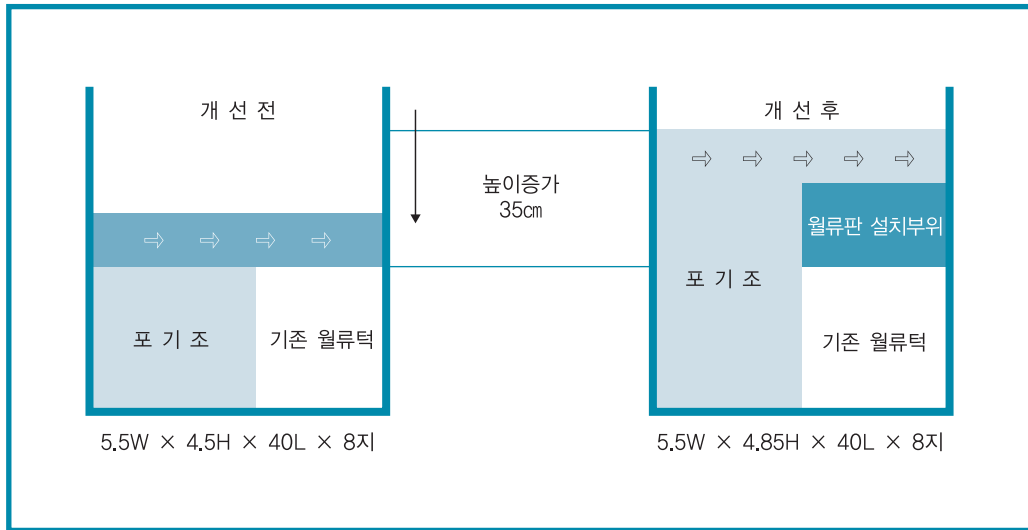
■ 개선효과

고농도의 분뇨를 하수와 직접 연계처리를 배제하고 소화조에서 1차 성숙시켜 안정된 슬러지를 탈수 후 탈리 여액을 하수와 연계처리로 고농도(분뇨) → 저농도(탈리여액)화 하여 포기조내 미생물 활동 활성화로 양질의 수질 생산.

2) 단위 공정시설개선(개량)

포기조 월류턱의 높이 조정으로 조용량 증가

⇒ 기존용량 : 7,920m³ → 8,536m³, 증가용량 : 616m³



■ 공기공급조 유효용량 616m³ 증가에 따른 수처리결과 비교(설치일 : 2003. 2)

(단위 : ppm)

구분	유입하수량(m³/일)	BOD	COD	SS	T-N	T-P	특기사항	
설계용량	30,000	20	40	20	60	8	• 방류수수질기준	
30,000m³/일	27,087	유입	197	89.5	219.8	38.3	4.1	• '99년 운전결과
		방류	14.0	11.2	8.1	21.1	1.5	
40,000m³/일	41,200	유입	168	53.3	214.8	47.6	8.4	• '03년 운전결과
		방류	15.6	10.0	9.1	20.3	2.0	

- 반송 오니 이송배관 변경(포기조 ⇒ 최초 침전지)
- 분뇨 투입지점 변경(분뇨3 저류조 ⇒ 하수 농축조 ⇒ 소화조 ⇒ 탈수기 ⇒ 여액 ⇒ 침사조)
- 하수 잉여오니 투입지점 변경(최종 침전지 ⇒ 분뇨2 저류조)

■ 농축 및 소화시설 개선에 따른 연료 운영비용 절감(기준 : 2003)

(단위 : m³)

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계 (평균)
2004	소화조준설		15965	31290	29543	19170	12121	20305	23820	21607	18780	30876	223,477 (22,347)
2005	34828	45869	76571	59435	53436	55948	44993	-	-	-	-	-	371,080 (53,011)

- ① 2004는 소화조준설 및 시설개량으로 인하여 실제적 가스발생량이 적었고 정상적인 12월 이후부터는 정상적인 가스가 발생
- ② (53,011) : 2005년 7월까지의 평균 가스예상발생량을 적용
- ③ 소화조시설개량으로 가스발생량 증가에 따른 연료비 절감
 $(53,011\text{m}^3 - 22,347\text{m}^3) \times 540\text{원}/\text{m}^3 = 198,702,720\text{원}/\text{년}$

▶ 개선효과

- 수처리공정의 효율향상으로 인한 부산물증가로 소화조내 메탄가스 발생량 증가에 따른 소화조 가온용 연료비 절감
- 처리장내 온수공급시설 연료(경유 → 메탄가스) 대용에 따른 연료비 절감

결론

1. 개선효과

- 1) 포기조의 유효용량을 증대시켜 HRT를 증가시키고 초과 유입하수를 최대한 처리
- 2) 고농도의 분뇨를 하수 잉여오니와 접촉시켜 유기물 부하경감에 따른 하수처리 공정의 부하저감으로 양질의 수질 생산
- 3) 오니 발생량 최소화로 환경오염 감소에 기여 및 처리비용 절감
- 4) 하수 잉여오니를 분뇨 저류조에 투입 악취 저감(민원발생 예방)
- 5) 하수처리장의 친환경시설 이미지 제고
- 6) 소화조 효율상승(메탄가스 발생량 증가)에 따른 연료비 절감
- 7) 수 처리 공정개선에 의한 추가시설 투자비 절감
- 8) 운전개선을 통한 오염물질 제거율 향상
 - 1차 침전지 일부를 혐기성조로 개조하여 인의 제거효율을 높일 수 있었다.
 - 공기공급조 유효용량 증가로 인한 HRT(4.4시간 → 4.9시간 : 0.5시간 증가) 증가로 BOD, COD 그리고 SS제거효율을 높일 수 있었다.

2. 개선 및 개량을 통한 비용 절감

기존 30,000톤/일 처리시설 대비 유입하수 41,200톤/일(증가 : 11,200톤/일)을 기존시설을 이용하여 수처리의 운전방식변화 및 단위공정시설개량(Retrofitting)을 통한 비용 절감

■ 추가 시설을 배제한 기존시설 이용 시 비용 절감

필요(증설)시설명	투자 예상비용	절감액	특기사항
수처리 건설비	234억	234억	기준 : 2003년에 준공한 팽성 하수종말처리장 10,000톤/일(고도처리 포함)
소화조 2지	7억	7억	기존시설 이용
농축조 1지	2억	2억	기존시설 이용
시설투자비	3억1천	-	운전방식개선 및 단위공정 시설개량에 소요된 비용
연간운영비	-	1억9천8백	운전방식 및 단위공정시설개량을 통한 절감비용(가스발생량 증가)
		11억6천만원	2003년도 하수도통계(경기도 평균)
연간 소요운영비	3억4천1백만	-	초과 하수량에 대한 운영비
총절감금액		253억4천8백	

- ▶ 상기 절감금액은 설계용량 30,000톤/일 시설에 현재 유입하수량 41,200톤/일을 시설증설 없이 수처리의 운전방식변화와 단위공정시설개선(개량)을 통하여 운영한 결과 방류수수질 6개항목(BOD, COD, SS, T-N, T-P, 대장균)에 대하여 방류수수질 기준치 이내(BOD 15.6ppm, COD 10ppm, SS 9.1ppm, T-N 20.3ppm, T-P 2ppm : 2003년도 기준)로 처리가 가능함에 따른 대체 비용 절감 금액임. ☺