

도매 열연계 사업의 경제성 검토

심상렬
선임연구위원, 에너지경제연구원
2013. 11. 28.

* 이 자료는 2012년 및 2013년의 한국지역난방공사 출연과제인 "수도권 열병합 발전의 역할과 기능"을 발췌 요약한 것이나, 내용은 동 공사 및 에너지경제연구원의 의견을 반영하는 것이 아님을 밝힙니다.

목 차

- ❖ 해외사례
- ❖ 도매열거래 주요 계약사항
- ❖ 사례분석(열연계 사업의 경제성 검토)
- ❖ 도매 열거래 관련 법제도 검토
- ❖ 요약

해외사례 핀란드 도매열연계 계약제도 (Asa Nystedt, VTT)

- 도매열연계 현황
- 주요 계약내용
- 도매열연계의 미래

도매열연계 현황

- 도매열연계 규모(2010년 열생산량의 14.3%)
- 도매열연계 유형
 - (주류) 목재가공업과 DHC 사업자
 - (기타1) 도시지역(DHC)간 도매열연계(예, 헬싱키, 에스포, 반타간3개도시의 열거래)
 - (기타2) 중간유통업자(산업체폐열 공급원과 DHC 중개 및 수송, 열도매량의 3.5% 점유)
- 유럽 전력시장 개방의 영향으로 도매열연계에 대한 분위기는 성숙되고 있으나 관련 연구는 미흡

주요 계약내용 (1)

- 계약 목적(계약기간 무기 또는 기간제 등)
- 열 수송, 품질 및 측정(배관망, 공급방식, 측정기기 등에 대한 권리 · 의무 · 관련 보상방법 등)
- 계약용량(통상 평균 시간당 열량 사용, 최대용량 · 유량, 필요시 계약용량을 부하규모별(기저, 중간 및 피크)로 구분 가능)

주요 계약내용 (2)

- 열요금 및 요금고지 등
 - 균질부하는 **단일요금**, 불균질 부하는 **이부요금**(용량요금, 에너지요금)
 - 기준연료(단수 또는 복수) 및 도매열요금 산정 기준 및 적용 기준
- 열공급 중지 및 재산 한계점
- 기타 관련 손해배상(배상기준 지표는 연간 최대 열공급량 사용)
- 계약조건의 변경, 분쟁 해결 등

도매열거래의 미래

- 유망한 유형

- 재생에너지 이용확대에 따른 건물 단위의 열거래

- 먼 미래의 경우 도매열 자유경쟁시장

(열생산자, 네트워크운영자, 열수용가 참여)

- 현실화를 위한 여건조성

(네트워크 구축, 소량 열거래를 위한 기술적 문제 해결,

DHC의 경영방침 내지 전략)

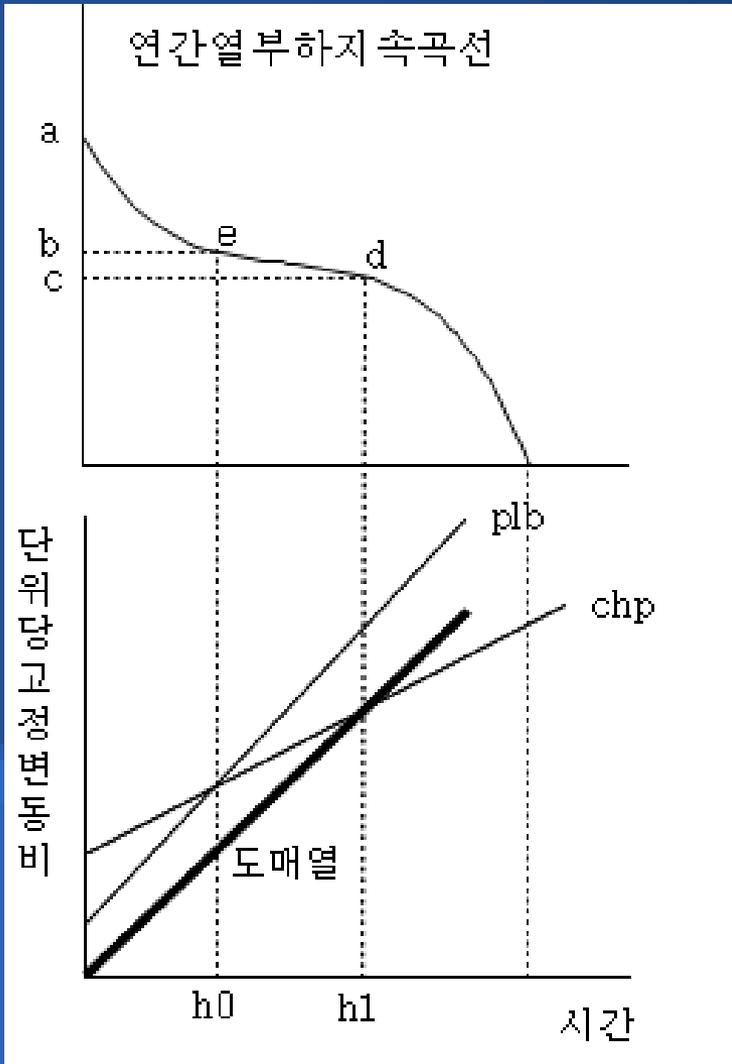
도매열연계 주요 계약사항

- 도매열연계 목적
- 거래대상 열에너지와 거래요금

열연계 목적과 의미

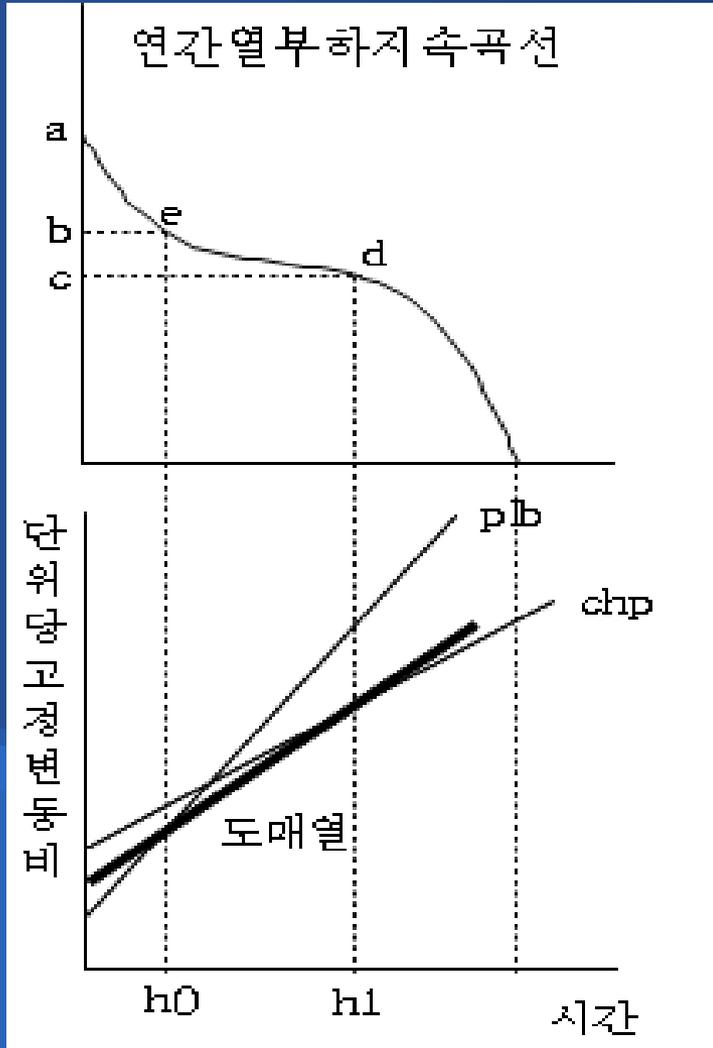
- **도매열연계 참여자의 다양성** → **거래별 당사자별 도매열연계 목적 차별**
 - **발전전용 사업자**(열거래 판매자): 이윤동기, 발전 설비이용 확대 및 사업 리스크 감축 등
 - **지역난방사업자**(열거래 구매·판매자): 설비이용률 제고, 저가 열원 확보, 이윤동기 등
- **열연계 목적의 다양성** → **거래별 당사자별 중점 계약내용이 상이하**며 **거래별로 계약유형이 크게 다를** 가능성 있음.
 - 거래당사자는 서로에 대하여 중점사항 관련 **리스크를 줄여주는 방법**으로 열연계 추진 가능(거래량을 확실히 담보하는 대신 요금을 감축)
 - 아울러 열연계 분석방법도 **거래별로 차별화될** 여지 높음.

거래대상 열에너지와 거래요금 (1)



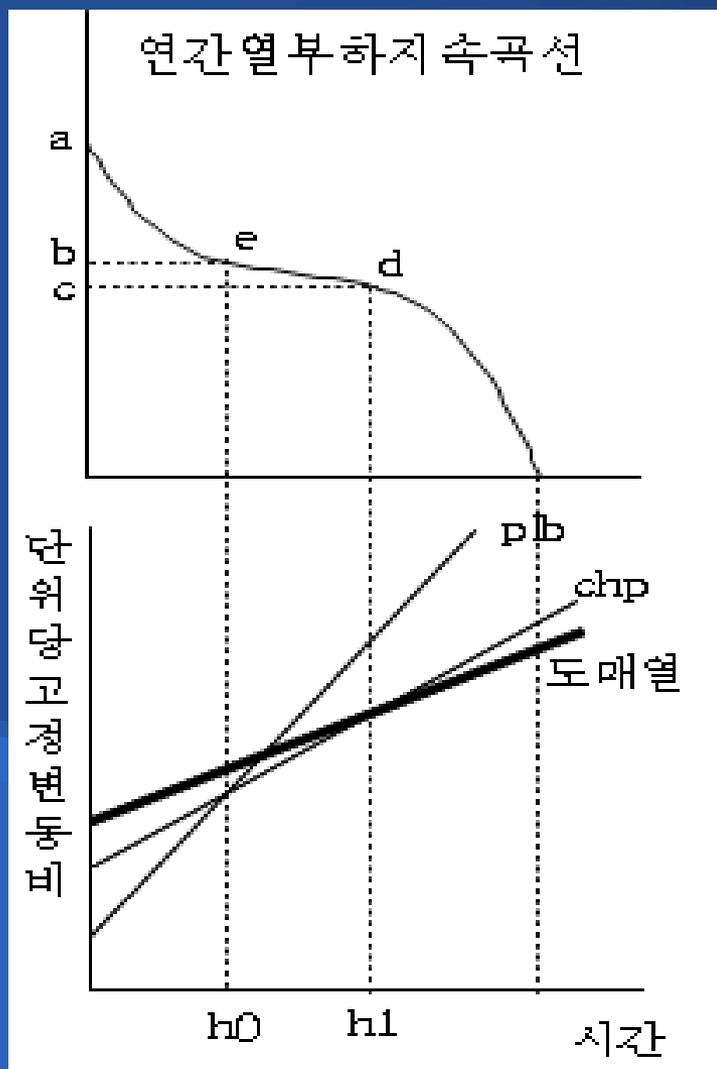
- **거래별로** 거래대상 열에너지 형태가 다를 것이나, **구매자(DHC) 측면에서 그 형태 중요**
- 그림처럼 **chp와 plb 설비를 보유**하고 **DH사업을 운영할 때 도매열거래(굵은선, 단일평균요금)**가 도입될 경우 활용도
 - **도매 열거래는** 첨두부하와 일부 기저부하를 대체
- **도매열 판매자는 구매자의 부하시간대에 맞추어 열공급 필요**

거래대상 열에너지와 거래요금 (2)



- **도매열 요금이 에너지 및 용량 요금으로** 그림과 같이 설정될 경우의 활용도
 - **도매열은 첨두 및 기저 부하의 일부를 각각 대체하여 중간부하 담당**
- 판매자의 열공급은 **구매자의 부하곡선에** 따라 공급 필요

거래대상 열에너지와 거래요금 (3)



- 도매열 이부요금 구조에서 **용량요금 수준**을 더욱 높이고 **에너지요금**을 상대적으로 **낮출** 경우의 활용도
 - **도매열은** 기저부하의 상당부분을 대체하여 기저부하를 담당
- 종합하면 **판매자의 공급대상 열에너지 비용구조** 및 **공급가능시간대와 구매자의 부하곡선** 및 **기존 설비 비용구조**가 열거래에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단함.

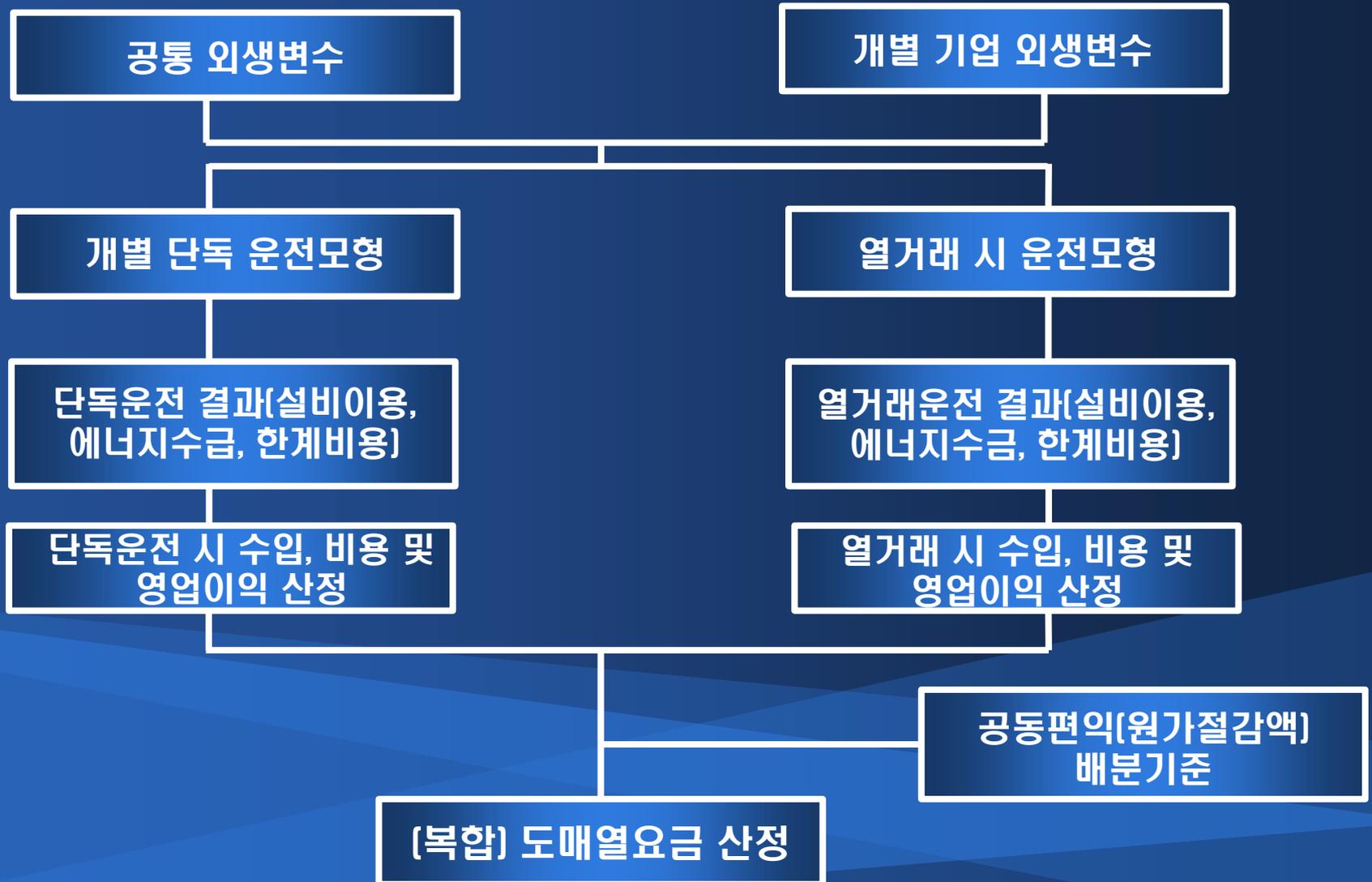
중간요약(열연계 목적의 다양성과 시사점)

- 도매열연계는 다목적으로 추진될 수 있는 경영전략이 될 것으로 보임.
- 도매열연계는 그 속성으로 인하여 계약내용이 **사업자별 거래별로** 대단히 상이할 것이므로 **거래별로 접근(추진)**하는 것이 타당함.
- 특히 **거래 목적과 대상 열에너지의 부하담당 역할은 미리 설정되어야** 하며 그에 따라 **요금구조와 공급방안을 마련**하는 것이 중요함.
- 이를 반영하여 **도매열연계에 대한 분석방법도 다양한 거래유형과 목적을 고려할 수 있도록 이루어져야 함.**

사례분석

[열연계사업의 경제성 검토]

분석체계



[분석모형] 최적 운전모형 구조

- 혼합정수선형계획으로서 1년(8760시간) 분석
- **[목적함수]** 열공급비용(총비용-전력수입액) 최소화
- 주요 제약조건
 - 공급구역의 열수요(요금 비탄력 전제)
 - CHP운전조건(최저가동률, 최소정지·가동조건, 정산조건 등)
 - 축열조 운전조건(축열조 저장규모, 축방열 운전조건 등)
 - **[도매열거래 용도] 구매사업자의 기저부하 열공급 대체**

[분석모형] 도매 열거래량 및 열요금 추정방법

- [추정모형] 단독운전모형(비열거래모형)과 열거래모형으로 구분하며, 열거래모형은 독자공급모형(non-cooperative model)과 공동공급모형(cooperative model)으로 구분
- 도매열거래량 추정방법
 - [독자공급모형] 판매 및 구매 사업자가 독자적으로 열공급비용을 최소화하는 도매열거래량을 시나리오 형태로 도출
 - [공동공급모형] 설비의 공동 이용 및 운전을 전제로 각 공급구역의 열수요량과 비교하여 소요 열거래량 도출
- [도매열요금 추정방법] 비열거래모형의 영업잉여 대비, 열거래모형(독자 및 공동 공급모형)의 추가 영업잉여를 균등 분할하는 형태별로 요금도출

[주요전제] 분석대상 집단에너지 사업구조 설정

- [사업유형] 지역난방집단에너지 사업으로서 판매 및 구매 2개 사업자 설정
- [설비구조 및 연료] 2개 사업자 공히 CHP, 보일러 및 축열조를 운용하며, 연료는 CHP용 도매천연가스, 보일러용 소매도시가스로 설정
- [에너지판매구조 및 전력정산] 열에너지는 공급구역에, 전기는 전력거래소로 판매하며, 전력의 경우 전력시장운용규칙의 시장가격 및 열제약정산 적용
- [열거래방향] 일방향 또는 양방향 거래 검토

[주요전제] 공급구역의 열수요 및 요금

- [열수요] 판매사업자는 연간 354.2 Tcal, 최대열부하 179.2 Gcal/h, 구매사업자는 연간 177.1 Tcal, 최대열부하 89.6 Gcal/h
- [시간대별 외기온도] 연평균 13.0도, 최고 35.1도, 최저 -13.0도
- [열수송손실률] 공급구역내 4%, 도매거래열 2% 추가
- [SMP, 원/kWh] 2009.3.1.~2010.2.28.기간, 평균 114.79, 최고 335.17, 최저 34.5인데, 최고값을 150원으로 조정[해당시간수 838시간]
- [연료비, 원/m³, 2010년] 도매천연가스는 평균 621.43, 최고 681.46, 최저 571.00, 소매도시가스는 평균 775.39, 최고 798.97, 최저 762.86
- [열복합판매단가] 73.1원/Mcal(부가가치세 제외)

[주요전제] 설비 특성 자료(1)

□ CHP

- [CHP 규모, 최대전력생산능력 MW] 판매사업자 400, 구매사업자 50(분석의 필요시 규모를 변동시킴)
- CHP 최저가동률 0.3, 최소가동 4시간 최소정지 3시간
- 소비동력 30 MWh/gt GW, 순수 0.03 톤/gt MW
- MP 산정시 정적 손실계수 0.041
- 열생산량-전기감발량 계수 3.15 ~ 3.37 Gcal/MW(온도영향 계수 별도 적용)
- 기타 증감발률 및 기동비 반영

[주요전제] 설비 특성 자료(2)

□ CHP (계속)

- [연료소비량 함수] 판매사업자의 효율 1.1% 높음

- 판매사업자 연료소비량(톤) = $15.788 - 0.028 \cdot \text{온도} + 0.156 \cdot \text{GT발전량}$
- 구매사업자 연료소비량(톤) = $16.052 - 0.028 \cdot \text{온도} + 0.158 \cdot \text{GT발전량}$

□ 기타설비

- 보일러효율 0.85
- 축열조 저장능력 820 Gcal × 2기(판매사업자), 구매사업자는 1기, CHP 가동시 최저저장량 15% 유지
- 열공급용 총 소비동력 14.9 kWh/Gcal, 총 일반용수 51 kg/Gcal
- [동력용 전기] 한전, 산업용(갑) 고압1, 단 동력용 전기는 한전으로부터 수전하거나, 자체 CHP를 이용할 수 있는 것으로 설정

[주요전제] 투자비 등 고정비 전제

- CHP 695.2 백만원/최대발전능력 MW,
관련 전기설비 23.3 백만원/최대발전능력 MW
- 보일러 46.2 백만원/생산능력 Gcal/h,
축열조 2.67 백만원/저장능력 Gcal
- 기타 열공급설비 380.35 백만원/최대열부하 Gcal/h
- 인건비 등 고정비 34.45 백만원/최대열부하 Gcal/h
- 도매열거래를 위한 배관, 열교환기 등 투자비는 없는 것으로 전제

[주요결과] 도매열거래 가능성(열연계 사업여건) 분석

- CHP 규모 확대 · 축소시 영업이익률(% , 영업이익/매출액, 비열거래모형)

	CHP 규모(최대전력생산능력, MW)				
	50	100	200	300	400
판매사업자	- 22.93	- 4.53	6.42	9.51	10.94
구매사업자	- 5.99	5.41	10.35	11.70	12.32

- 도매열연계 규모별 영업이익률(% , 영업이익/매출액, 열거래 독자공급모형)

		열연계 시간당 공급능력(Gcal/h)				
		10	20	30	40	50
연계량(Tcal/년, 경계통과지점)		53.3	76.6	94.2	100.3	94.0
영업 이익률(%)	판매사업자	11.01	11.04	11.02	11.00	11.01
	구매사업자	-5.19	-4.88	-4.75	-4.83	-4.88

- 30Gcal/h 기준, 열연계에 따른 추가 영업이익은 14.1억원/년

- 도매열거래 공동공급모형의 추가 영업이익은 17.9억원/년, 균등 분할시 영업이익률은 판매사업자 11.13%, 구매사업자 -4.98%

[주요결과] 도매열거래량 추정

- 열에너지 생산·이용(설비출구기준) 및 도매열거래량 추정

단위: Tcal/년		판매사업자			구매사업자				
		CHP	보일러	계	연계열	CHP	보일러	계	
단독 운전	생산(설비)		297.6	71.7	369.3	-	96.7	88.1	184.8
	이용계(설비)		297.3	71.7	369.0	-	96.4	88.1	184.5
연계 (독자 공급)	생산(설비)		386.7	82.8	469.4	94.2	50.4	40.2	184.8
	이용 (설비)	소계(역내)	286.2	82.8	369.0	94.1	50.2	40.2	184.5
		소계(연계)	100.1	-	100.1	-	-	-	-
		계	386.4	82.8	469.1	94.1	50.2	40.2	184.5
연계(공동공급)		판매CHP	구매CHP	보일러	계	연계열			
생산(설비)		375.4	72.4	116.4	564.3	71.8			

- 열연계(독자공급)모형은 연계공급 최대능력 30Gcal/h 기준

- 열연계시 설비의 최적가동 및 연계열 공급방법의 중요성

[주요결과] 연평균 도매열요금 복합단가 추정

● 도매열거래 독자공급모형

	열연계 시간당 공급능력(Gcal/h)				
	10	20	30	40	50
연계량(Tcal/년, 경계통과지점)	53.3	76.6	94.2	100.3	94.0
최대지불가능단가(연평균, 원/Mcal)	67.0	68.9	66.1	64.5	65.3
최소요구단가(연평균, 원/Mcal)	49.6	52.0	51.2	51.8	52.2
추정도매열요금(연평균, 원/Mcal)	58.3	60.5	58.6	58.1	58.7

- **[최대지불가능단가]** 열연계시 구매사업자가 단독운전시의 영업이익을 확보하고 나머지는 도매요금으로 지급하는 복합단가
- **[최소요구단가]** 열연계시 판매사업자가 단독운전시의 영업이익을 확보하기 위하여 최소로 필요한 도매요금의 복합단가

● [도매열거래 공동공급모형] 연계열량 71.8 Tcal/년, 연평균 도매열요금 복합단가 54.7 원/Mcal

도매열거래 관련 법제도 검토

도매열거래 관련 법·제도 개선 필요성

- **공급용량 확보, 공급 안정성 및 사업 안정성(계약 지속성) 유지**
 - 판매자와 사업자간 책임 경계를 명확히 설정
- **효율적이며 형평한 소비자 요금 부과(인하)**
 - 원가 절감분 반영, 공급구역간 교차보조 금지, 불공정거래 등 부당한 소비자요금 인상 방지, 불평등한 공사비부담금 징수 방지 등
- **열도매 판매 및 구매사업자간 불공정 및 불평등 거래 방지**
 - 공급거부, 수열거부, 일방적 계약파기 및 변경 방지
 - 담합 등 불공정거래 방지

허가 관련 법·제도 개선방향

- 허가기준 “**공급구역 비중복**” 적용시 도매열거래에 의한 중복은 **예외**로 인정(법9조 관련)
- 구매사업자 발전기에 대해서는 **열전비 적용기준을 완화**할 수 있는 여지 도입(령2조 및 열/전기용량계산고시 관련)
 - 구매자 발전기의 경우 전기의 효율적 이용이 상대적으로 중요할 수 있음.
- 도매열거래 관련 **주배관의 추가 설치시 별도의 추가 용자를 집행**할 수 있음(법8조 관련)
 - 도매열거래의 연료절감률을 고려하고, 관련 원가절감액의 요금인하 조치사항을 감안하여 결정(**공익성 요소**)

수용가 요금(상한고시) 관련 법·제도 개선방향

- 도매열거래에 따른 **원가절감은 연료비연동 사항**으로서 즉시로 요금에 반영시 도매열거래의 인센티브 저해 요인. 이의 개선을 위해 **원가절감의 요금반영 제도 개선 필요**
 - 변동비 절감의 일정부분 수용가 요금에 즉시 반영
 - 판매자와 구매자에 대해서는 변동비 절감의 나머지 부분을 추가 보수액으로 일정기간(예, 3~5년간) 별도 보장
- 사업개시 후의 도매열거래는 **구매사업자의 자산불용화를 초래할 수 있으므로 이에 대한 처리 원칙 설정 필요**
 - 불용자산을 정의하고 총괄원가(고정비상한)에는 산입하되 자산재평가는 금지하도록 조치
- 도매열 요금은 변동비(사용량요금)와 고정비(기본요금)으로 구분될 수 있으므로, **고정비(기본요금) 부분을 열요금상한으로 반영 조치 필요**
- 담합 등 판매자와 구매자간 불공정거래에 의한 부당 요금인상 방지

공사비부담금 관련 법·제도 개선방향

- **[현행]** 지역난방사업자의 현행 부담금은 사업자의 설비규모에 관계없이 수용가측 편익에 따라 추정, 부과(령13조의2 관련)
- **도매열거래시 관련 예상 문제점**
 - 참여사업자가 부담금의 산정시 설비규모 및 투자비를 고려한다면 도매열거래시 추가 설비투자비와 불용설비에 대한 부담금의 부과대상 및 수준결정 문제 발생
- **개선방향**
 - 부담금은 앞으로 일반적 요금으로 제도화 하는 것이 바람직
 - 부담금의 산정이 설비투자비와 연계된 경우에 한하여, 도매열거래에 따른 추가 설비에 대해서는 부담금 징수 금지

요약, 활용도 및 한계점

- 구매사업자는 열연계보다 CHP 규모의 확대가 유리하므로 지역난방사업자간 도매열거래는 위험분산, 설치제약 등 가능성 요인을 면밀 검토 필요
- 연구대상 구매사업자의 경우 열연계 거래량은 연간 열수요의 40~50%가 적절한 것으로 추정되나, 참여 사업자간 거래 시간대 및 거래량 설정이 중요
- 도매열 복합거래단가는 열소매단가의 약 75% 수준으로서, 판매 및 구매 사업자의 열공급 한계비용과 관련성을 지님.
- 이러한 결과는 분석대상 사업소에 대한 것으로서 다른 사업소에 대하여 일반화하기 어려울 것으로 판단되나, 분석방법은 활용도가 있을 것으로 보임.
- 요금 관련 법제도는 열거래 정착에 상당한 영향을 줄 수 있으며, 열거래에 따른 원가절감(연료소비량 감소)의 소매가인하와 용자지원의 연계 가능