

農業生產의 에너지 集約度 分析

—「에너지 I/O 模型」을 中心으로—

金 忠 實

研究員, 資源經濟研究室

- I. 序 論
- II. 農業生產의 에너지 投入與件의 變化
- III. 長業生產의 에너지 投入構造
- IV. 農產物의 에너지 原單位, 에너지 強度
- V. 要約 및 結論

I. 序 論

人間의 生産活動에서 消費(快樂)에 이르는 모든 행위와 함께 科學技術의 進歩, 경제·사회的 발전은 지금까지 에너지資源 특히「化石燃料多消費型」으로 개발되어 왔다고 볼 수 있다. 그러나 1970년대에 맞게 된 두 차례에 걸친 石油波動을 겪으면서 에너지資源은 모든 人間行爲의 制約要素로 작용하고 있다.

農業生産活動 또한 예외는 될 수 없다. 經濟成長과 더불어 食品消費의 高級化·多樣化 및 農業與件의 諸變化는 農業生產의 에너지 投入量을 급격히 증가시켜 왔다.

이와 같은 農業生産 與件下에서 에너지의 價格 急騰과 物量確保의 문제는 食品價格 上昇의 主要 要因이 될 뿐만 아니라 農業開發 방향을 재검토하는 문제를 제기하기에 이르렀으며, 각

국에서는 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 피멘탈(Pimental 1977)의 研究結論에 의하면 西歐의 營農技術과 美國式 食生活 樣式이 人類生活에 通用된다는 年間 1人當 食糧供給에는 약 1,200t의 石油가 소요되며, 이 計算에 따르면 세계의 石油 매장량은 14년간의 消費分에 불과하게 된다. 이러한 결과는 農業生産方法과 연관한 石油危機論을 생각하게 한다.

매장량 부족에 의한 에너지 危機論이든, 資源 내셔널리즘에 대응하기 위한 것이든 간에 우리는 現生活水準의 後退를 각오하지 않는 한 이 문제를 효과적으로 해결해 나가야만 한다.

本稿에서는 이 문제와 관련하여 農業生産의 에너지 需給安定과 에너지資源 利用의 效率성을 제고하기 위한 基礎研究로서 農業生産에 소요되는 直接 및 間接 에너지의 投入構造를 파악하고 農產物의 에너지 原單位 및 에너지 強度를 算出·分析하며, 部門別 에너지의 附加價值 生産성을 검토하여 몇 가지 결과를 제시하려 한다.

에너지 投入量에 관한 基礎資料는 產業聯關表를 「에너지 I/O 模型」으로 변환시켜 산출하였다. 產業聯關表上의 經常價額으로 표시된 에너지

지 投入額은 相對價格의 變化나 相異한 輸出· 入 價格條件 등이 그대로 반영되어 計測되기 때문에, 特定生産要素의 消費量 또는 投入係數의 部門別 年度別 比較·分析이 불가능하다. 따라서 本稿에서는 이러한 分析이 가능하도록 各種 디플레이터를 사용하여 1968년 不變生産者價額으로 換價한 자료를 이용하였다.¹⁾ 그 결과, 生産에 投入되는 에너지源別 物量 또는 熱量을 파악하지 않더라도 에너지와 관련한 生産技術의 變化나 生産部門別 年度別 에너지投入의 變化 정도를 비교·분석할 수 있다. 물론 熱量 金額 또는 기타 어떤 基準으로 평가하느냐에 따라 에너지源別 基礎資料나 構成比率이 相異하게 나타난다. 우리가 어느 財貨를 사용하는 데는 便易度, 經濟性, 嗜好, 其他 諸要因이 作用하게 되므로, 어느 基準도 완전한 것은 못된다. 따라서 費用面이나 物量面을 동시에 고려할 수 있도록 1968년 不變價額과 熱量(kcal) 또는 필요한 경우는 物量單位로 검토하였다.

에너지投入量 算出 方法 : 「에너지 I/O 模型」化

農業生産에 투입되는 에너지에는 營農者가 人爲的으로 투입하는 에너지와 太陽熱, 地熱과 같은 自然的으로 투입되는 것이 있다.

本稿에서는 再生産이 불가능하거나 生産에 크게 제한을 받고 있을 뿐만 아니라 에너지波動 이후 生産費面에서 크게 압박을 가해 오는 에너지源으로서 石炭類와 그 製品, 石油類 및 電力에 국한하여 파악하였다. 이들 에너지源을 파악하는 範圍는 대별하여 다음과 같이 구분해 볼 수 있다.

첫째, 上記한 에너지源을 農業生産에 直接使用하는 것만을 대상으로 하는 경우(直接 에너

지).

둘째, 農業生産에 投入되는 中間財 또는 서비스(中間 投入物)를 통하여 間接적으로 투입되는 에너지를 대상으로 하는 경우(間接 에너지).

特定生産部門의 에너지 消費에 관한 분석을 하는 데는 直接 에너지뿐 아니라 間接 에너지도 함께 고려해야 할 것이다. 1970년대의 石油波動 이후 原價上昇의 큰 制約要因으로 등장하고 있는 生産部門別 에너지 費用의 정도나 그 消費량을 조사하여 에너지波動의 심각성을 파악하는 데는 나름대로의 弱點이 있겠으나, 産業聯關分析을 통해 生産에 필요한 에너지源의 投入, 配分關係를 究明하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

直接 및 間接 에너지 消費량을 파악하는 데는 産業聯關表에 分類된 各生産部門別 投入, 配分關係를 에너지源別로 再編成하는 에너지 I/O 模型을 이용하게 된다.

産業聯關表가 갖는 일반적인 制約성과 아울러 특히 間接 에너지를 產出하는 데는 그 範圍의 결정에 관한 문제가 따른다.²⁾

特定投入財의 間接消費량을 파악하기 위한 範圍의 決定은 그 算出目的과 算出根據 資料가 무엇인가에 따라 각각 상이할 수 있다.

최근, 에너지 分析에서 總에너지 所要量의 개념에 의한 에너지 消費량을 계산하고 있기는 하나 현실적으로 그 正確性이나 算出 目的에의 適合性面에서 반드시 合理的인 것이라고는 볼 수 없다.

時間의 經過에 따라 生産技術 및 要素의 價格條件의 變化에 따라 生産函數의 變化는 현실적으로 불가피한 것이다. 따라서 本稿에서는 特定生産에 소요되는 모든 中間投入物의 에너지原單位(産業聯關表상의 直接에너지投入係數)를 考慮하여 特定生産部門의 直接 및 間接 에너지를 投

入・配分되는 에너지 總量이 동일하다는 均衡方程式이 成立되므로 産業聯關表를 直接・間接 에너지에 의한 「에너지 I/O 模型」으로 變換하게 된다. 에너지 投入量을 算出하는 데는 産業聯關表가 갖는 不正確性이 逆行列을 구하는 과정에서 더욱 커질 것을 우려하여 다소 번거로운 면이 있지만 部門別 投入表에서 基本的인 演算과 行列만을 이용하여 算出하였으며 그 算出方法은 다음과 같다.

$$Y_j^t = f_j(x_{ij}^t)$$

$$DE_{ej}^t = x_{ej}^t$$

$$IE_{ej}^t = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (a_{ej}^i \cdot x_{ij}^t)$$

여기서 y =產出額
 x =投入額
 a =投入係數
 i =投入部門(단, $i=1, m$)
 j =產出部門(단, $j=1, n$)
 $e \in i$ 중 에너지部門, $e \in i$
 t =投入 및 產出年度
 DE_j = j 部門 에너지源別 直接에너지 消費量
 IE_j = j 部門 에너지源別 間接에너지 消費量

基本資料로 이용된 1968년 不變價格에 의한 産業聯關表資料는 비록 각종 換價基準과 方法이 完全할 수는 없겠지만 時間의 變化에 따른 價格 變化 要因을 제거시켰을 뿐만 아니라 商品의 源

泉 및 産業別 또는 生産部門別 價格差別로 인한 歪曲이 調整된 것이므로 投入과 產出에 대한 年度間 比較가 가능할 것이다.³ 필요한 경우는 算出된 不變價額을 다시 熱量(kcal)과 物量으로 換算하였다.

II. 農業生産의 에너지 投入 與件의 變化

農業生産方法이 變化함에 따라 生産에 所要되는 中間投入物의 종류와 그 投入量의 비율이 크게 달라졌다.

生産에 소요되는 投入部門을 中間投入과 附加價値로 大別해 보면 農業生産에 소요된 中間投入物이 1968년 不變價額으로 年平均(1963~75년) 6%씩 증가하였으며, 農業部門 附加價値의 成長率은 동일 기간에 年平均 4.6%로 나타났다. <表 1>에서 內容別로 보면 中間投入物의 增加幅이 가장 높게 나타나는 것은 畜產 및 養蠶部門으로 年平均 7.8%의 增加率을 나타내고 있다. 반면에 附價價値는 마이너스 成長으로 나타났다.

이와 같은 中間財 投入物의 높은 成長率과 附加價値에 대한 中間財 投入物의 增加率이 상대

表 1 農業生産의 中間投入物量과 附加價値率 變化 (1968年 不變價格)

區 分		年 度			單位: 億圓
		1963	1970	1975	1963~1975年平均增加率
米	中間投入物	521(24.1)	682(19.7)	778(21.9)	3.4%
	附加價値	1,643(75.9)	2,782(80.3)	2,772(78.1)	4.5
農作物	中間投入物	733(25.3)	1,145(33.0)	1,388(24.3)	5.5
	附加價値	2,161(74.7)	3,839(77.0)	4,327(75.7)	6.0
畜蠶	中間投入物	233(24.1)	664(59.1)	572(54.2)	7.8
	附加價値	628(72.9)	460(40.9)	484(45.8)	△2.1
農業	中間投入物	970(25.8)	1,809(29.6)	1,960(28.9)	6.0
	附加價値	2,789(74.2)	4,299(70.4)	4,811(71.1)	4.6

()는 總生産額에 대한 %임.

資料: 韓國銀行, 「産業聯關表」(KDI 데이터 베이스, 1968年 不變價格 換價).

적으로 높은 것은 農業實質生産量의 增加뿐 아니라 勞動集約的 營農方法 또는 營農形態에서 資本集約的인 것으로 변화되어 왔음을 의미하기도 한다.

「資本集約型」의 營農形態와 營農方法은 米麥作 위주의 단순한 營農形態에서 畜産, 施設園藝 채소, 과일 등의 複合的 營農形態로의 전환과 풍부한 勞動力에 의존한 단순한 營農方法에서 제조제를 포함한 多農藥, 多施肥型農法, 營農機械化, 畜舍 및 비닐 하우스의 保温, 乾燥, 保管, 照明, 其他 燃料用的 「에너지多消費型」 農法으로의 轉換에 따른 產物이다.

이러한 營農與件의 諸變化는 직접, 間接으로 農業生産의 에너지 依存度를 제고시키는 주요한 요인이 된다.

이들 中間投入物 중에서 化學肥料와 農藥(除草劑 포함)의 消費 增大는 收量增大效果와 함께 曄묵할 만하며, 직접, 間接으로 에너지 消費와

밀착되어 있는 營農機械化의 速度도 이에 못지 않다.

肥料消費의 경우 1960년대 초에 비해 1970년대 말에는 약 2배 수준으로 消費가 증가하였으며 除草劑를 포함한 農藥의 消費는 이 기간에 무려 10배 이상의 수준으로 나타난다.

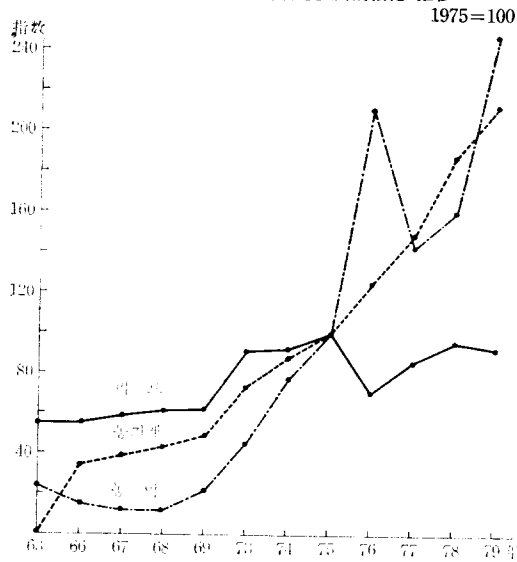
여기서 肥料消費는 1963년도에 이미 1百萬톤 이상의 수준에 있어 그 消費 伸張面에서는 農藥에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타나지만, 1970년대의 ha 당 肥料 投入量을 보면 세계 최상위 그룹에 속하고 있다(表 2).

1975년과 1976년도의 ha 당 肥料投入量은 世界平均値의 약 18배와 14배 수준을 각각 나타내고 있으며, 日本과 그 首位를 다투고 있다.

營農機械化의 推進速度를 보면 1960년대 초의 거의 전무한 상태에서 同年代의 말엔 農機械 總馬力數 換算으로 78만 馬力, 그후 1970년대 말에 339만 馬力으로 10年間에 약 4배 이상 증대된 것으로 나타난다(圖 1).

〈圖 2〉는 耕地 單位(ha)當 肥料, 農藥, 農機械의 集約度를 指數로 나타낸 것으로 1979년도의 경우 1ha 當 化學肥料는 實重量으로 622kg, 農藥은 69kg 그리고 農機械는 1.53馬力으로 1960년대 中期에 비해 15年間에 약 2배, 18배, 9배

圖 1 年度別 肥料, 農藥 및 農機械化 推移



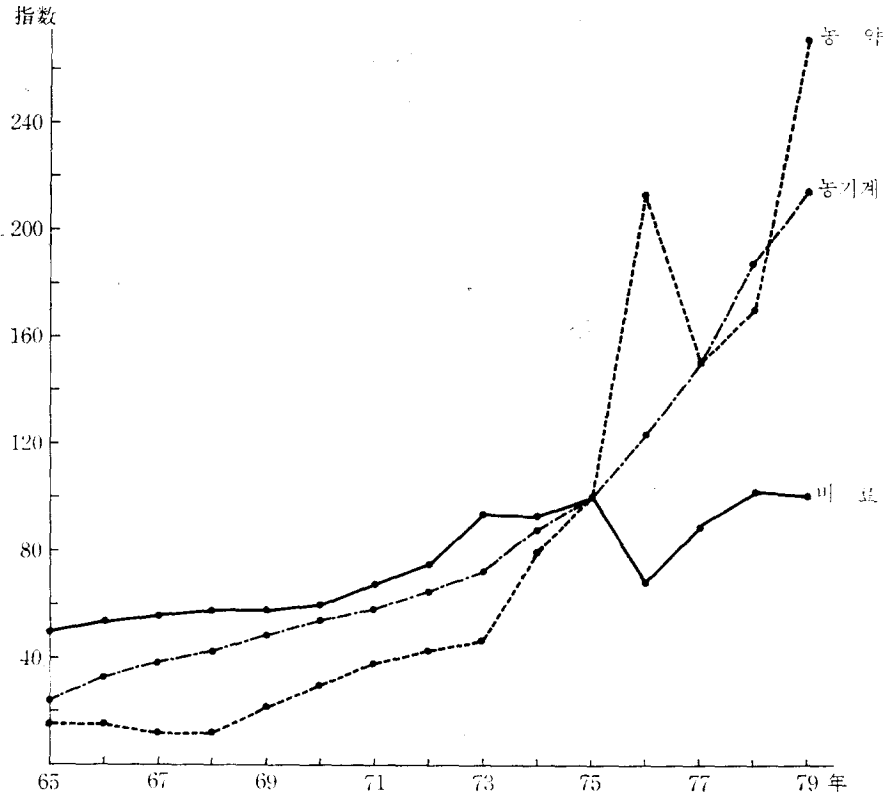
()안은 톤수 또는 馬力數.
資料: 農水産部, 「肥料年鑑」.
——, 「農政手帖」.
農藥工業協會, 「農藥年報」.

表 2 地域別(國別) ha 當 肥料 消費 實績
單位: kg/ha

區 分	1975~1976	1976~1977
아 프 리 카	2.4(12.3)	2.7(13.0)
미 국	44.4(227.7)	46.7(224.5)
아 시 아	15.3(78.5)	17.3(83.2)
중 국	18.1(92.8)	18.4(88.5)
일 본	296.4(1,520.0)	391.1(1,879.8)
한 국	355.3(1,822.0)	285.1(1,370.7)
유 럽	123.6(633.8)	126.6(608.7)
벨 지 음	284.3(1,457.9)	276.6(1,329.8)
서 독	233.5(1,197.4)	256.7(1,234.1)
동 독	183.5(941.0)	280.3(1,347.6)
世 界 平 均	19.5(100.0)	20.8(100.0)

資料: FAO, Annual Fertilizer Review, 1977.

圖 2 單位面積 (ha) 당 農業主要投入財* 集約度 推移
1975=100



* 肥料, 農藥은 實重量, 農機械는 馬力數로 파악한 것임.
資料: 農水産部, 「肥料年鑑」.
——, 「農政手帖」.
農藥工業協會, 「農藥年報」.

로 각각 증대한 것으로 나타난다.

이러한 農業 主要投入財의 消費增大는 이들 主要投入財의 生産工程을 생각할 때 農業用 에너지 消費를 크게 증대시킬 것이다.

營農形態와 營農方法의 變化는 또한 電力을 포함한 化石 에너지의 직접적인 消費量을 他投入財에 못지 않게 큰 폭으로 증대시키는 다양한 요인을 제시하게 된다.

農業生産에 직접 투입되는 에너지 消費量을 1968년 不變價額으로 환산하여 본 에너지 費用의 增加 趨勢는 1963~75년간에 동일 기준에서 평가한 農業總生産價値가 약 1.8배 증가한데 비

해 약 7배로 증가하였다. 總生産額面에서 (1968년 不變價額) 全産業(中間需要)에 대한 農業이 차지하는 비율은 동기간에 28.4%에서 8.8%로 감소했음에도 불구하고 全産業(中間需要合)의 에너지 消費額에 대한 農業生産部門이 차지하는 比重은 0.7%에서 1%水準으로 增加하고 있다(金忠實, 1980).

이와 같은 결과는 직접 에너지 投入係數가 絕對 크기에 있어서는 全産業 平均値에 비해 매우 낮은 편이지만, 時間이 경과함에 따라 상대적으로 빠른 成長 추세에 있음을 알 수 있다.

農業生産의 에너지源別 消費推移는 일반적으

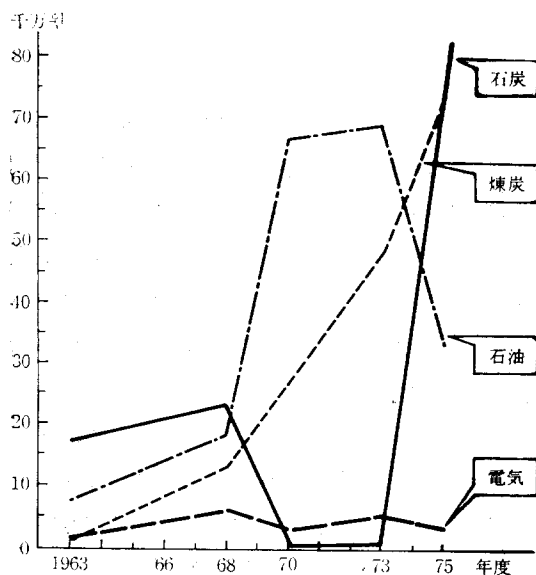
로 증가하고 있으나, 에너지源間의 相對價格變化에 따라 급변하는 것으로 나타난다.

〈圖 3〉은 에너지源別 消費推移(1968년 不變價額)를 나타낸다.

1960년대초에는 에너지源 중에서 石炭의 消費가 가장 많았으나, 1967년 이후 石炭의 相對價格이 상승하자 需要는 계속 減少하여 70년대초에는 그 消費가 거의 전무한 상태로 떨어졌다. 그러나 第1次 石油 波動을 겪은 이후 1974년에 油價가 약 3배로 急騰하자 物量으로 換算하면 1천톤도 못되던 消費 水準에서 20만톤이 넘는 수준으로 급증하여 1975년에는 1973년 石炭需要의 무려 400배 이상의 需要 增大를 나타내고 있다. 반면에 石油需要는 同期間에 50% 이하의 수준으로 떨어진 것으로 나타난다.

石炭製品인 煉炭類의 需要는 주로 工藝作物과 畜産部門에서 60년대초부터 꾸준히 消費量을 증대시켜 왔다. 1970년대 이후 비닐 하우스를 이

圖 3 에너지源別 農業用 에너지 消費(1968년 不變價格)



資料: 韓國銀行, 「産業聯關表」(KDI 데이터 베이스, 1968년 不變價格換價).

용한 野菜生産에 石油를 대량 소비하게 되자 石油波動을 겪고 난후 그 需要가 煉炭에 집중됨에 따라 煉炭消費의 伸張勢는 더욱 가속되어 1963~75년간에 그 消費量은 204배로 증대하였다.

電力에 대한 需要는 거의 畜産用인데 다른 에너지源에 비해 그 變動幅이 비교적 크지 않은 상태에서 漸增해 온 것으로 나타났다.

이와 같은 農業生産에 직접 투입되는 에너지源別 消費推移의 방향은 農業內部的 技術的 要因보다는 農業外的 要因에 左右되는 에너지源別 相對價格의 變化에 매우 敏感하게 反應하는 것으로 나타났다.

Ⅲ. 農業生産의 에너지 投入構造

1. 肥料·農藥生産의 에너지投入

좁은 農耕地, 人口增加의 與件下에서 食糧自給과 農業所得增大의 目標에 접근해 가는 방법은 單位耕地面積當 收量의 增大라는 불가피한 과제를 낳게 된다. 農地 單位當 收量增大란 과제를 해결하는 방법으로 우리 나라도 多農藥 多施肥의 農法을 先導的으로 이용해 왔음은 前述한 바와 같다.

이같은 農法의 결과, 肥料와 農藥을 통해 투입되는 間接에너지 所要量은 農業用 에너지 所要量 중에서 큰 비중을 차지할 것으로 기대된다. 農業生産의 에너지 投入構造와 에너지 強度 究明하기 위한 基礎作業으로서 肥料와 農業生産의 에너지 消費에 관한 분석이 필요하다. 時間이 경과함에 따라 生産技術 水準, 施設規模, 에너지 節約 運動, 其他 에너지 需給與件 등의 變化에 따라 年代別 에너지 消費樣相이 상이하게 나타난다.

表 3 肥料生産의 直·間接에너지 消費 推移
(1968年 不變價格, 生産者 價格)

單位: 100萬원

區 分	1963	1970	1973	1975	
直接 에너지 (A)	石 炭 類	110.00	22.7	—	—
	石 油 類	313.20	3,429.6	2,899.70	1,408.30
	煉 炭	—	45.5	92.60	29.50
	電 力	423.10	2,107.3	1,764.30	995.10
	計	846.3	5,605.1	4,726.6	2,432.9
	熱量 (10 ⁷ k cal)	86,890	732,652	616,140	304,261
直接 및 間接 에너지 (B)	石 炭 類	187.28	209.06	131.38	275.83
	石 油 類	580.65	4,025.87	3,528.82	3,990.53
	煉 炭	17.94	58.66	75.21	73.93
	電 力	465.08	2,257.64	1,979.67	2,004.89
	記	1,250.95	6,551.23	5,715.08	6,345.18
	熱量 (10 ⁷ k cal)	169,723	855,754	740,299	859,286
直接에너지 投入係數 (A)	0.3302	0.1811	0.1342	0.0559	
直接 및 間接 및 에너지 投入係數	0.4881	0.2116	0.1623	0.1457	
에너지 原單位 10 ⁹ k cal/ㄲ (C)	19,354	12,356	9,011	3,472	
에너지 強度 10 ⁹ k cal/ㄲ (D)	37,804	14,432	10,826	9,805	
D/C	1.95	1.17	1.20	2.82	

* 直接 에너지 換算은 部門別 換算基準
間接 에너지는 中間需要平均値를 適用.
資料: <表 1>과 同.

우리 나라 化學肥料 生産은 1910년부터 시작 되었지만, 國內消費分을 自體供給하기 위한 基盤을 다지기 시작한 것은 經濟開發 5個年 計劃이 시작되던 1960년대 초기로 볼 수 있다. 1963년도 化學肥料 生産의 에너지 消費量을 熱量으로 환산해 볼 때 燃料 및 原料 등으로 消費된 直接에너지 消費量이 약 86,890×10⁷kcal이며, 肥料生産에 投入되는 기타 中間財를 통한 間接에너지 投入量까지를 포함하면 169,723×10⁷kcal로 直接에너지 消費量의 약 2배가 된다. 그후 肥料生産이 매년 증가함에 따라 1970년에는 直接에너지 消費量이 약 8배 이상 증가한 것으로 나타났다. 그러나 1970년 이후에는 肥料生産量이 증가하였으나, 直接에너지 消費量은 漸減하여 石油波動을 겪고난 1975년에는 그 절반 수준인 304,261×10⁷kcal로 감소하였다.

그러나 間接에너지 消費量은 꾸준히 증가하여 1963~65년간에 약 6배 증가한 것으로 나타난

다. 物量으로 換算할 때 1975년 당시 農家口當 약 2드림의 석유를 配分할 만한 量이다.

이와 같이 肥料生産의 에너지 消費 推移가 間接에너지 消費보다 直接에너지 消費가 더욱 尤동적으로 나타나는 것은 熱效率 提高面에서 肥料産業이 他産業에 비해 一般적으로 新技術을 수용하는 태도가 보다 적극적이었다는 점과 에너지 節約의 여지가 그밖의 産業에 비해 많았다는 것으로 해석된다. 이것을 뒷받침하는 또 다른 計算 결과는 化學肥料 生産의 年代別 直接에너지 投入係數에서 나타난다.

總生産價値에서 電力을 포함한 化石 에너지 投入費用이 1968년 不變價額으로 1963년에는 33%에 달했으며, 시간이 경과함에 따라 점점 감소하여 1970년에는 약 18% 수준, 石油波動을 겪고 난 1975년에 6% 水準으로 떨어졌다. 그러나 이것은 1968년 不變價格으로 評價된 것이므로 石油波動에 따른 에너지 相對價格이 急騰한

영향은 반영되지 않은 것이며 經營價格으로 평가한 1970년대의 에너지費用이 차지하는 比率은 수 배로 높게 나타날 것이다. 이러한 높은 水準의 에너지投入 係數는 熱效率 改善을 통한 에너지費用 節減에 대한 노력을 餘他産業에 비해 강하게 작용시켰을 것으로 볼 수 있다.

에너지 原單位와 에너지強度를 측정해 봄으로써 肥料産業의 熱效率性 提高를 위한 에너지 절약형 新技術 受容의 態度와 技術代替의 推移를 보다 면밀히 검토해 볼 수 있다.

化學肥料의 에너지 原單位는 減少 趨勢를 나타낸다. 1963년도의 경우 약 19,000kcal/kg 로서 肥料 1kg 을 生産하는데 B-C油 換算物量 약 2l 가 직접 소요된 것으로 나타난다. 그 이후 에너지 原單位는 漸減하여 왔으며, 1973년 第1次 石油波動을 겪고난 1975년에는 약 3,500kcal/kg 으로 1963년과 대비해 볼 때 약 5배 이상 肥料 生産의 熱效率이 提高된 것으로 나타난다. 그러

나 高에너지 價格의 충격은 에너지 原單位에 관한 分析만으로 불충분하며 直接 에너지가 동시에 고려될 때 보다 더 설득력을 갖게 될 것이다. 이러한 입장에서 算出해 본 化學肥料의 에너지強度는 에너지 原單位에 비해 완만한 減少 趨勢를 나타내고 있으나, 肥料生産을 포함한 그 關聯産業 전체의 熱效率이 1963~75년간에 약 4배 정도 提高되었음을 볼 수 있다(表 3).

化學肥料의 에너지 原單位에 대한 에너지 強度의 比率은 1963년 약 2배의 수준에서 1970년에는 오히려 약 1.2배의 수준으로 減少했다가, 石油波動을 겪고난 1975년에는 약 3배의 수준으로 다시 上昇하고 있다(表 3).

여기서 肥料의 에너지 原單位를 肥料生産部門의 熱效率 改善을 통해 어느 정도 自率的 調整이 가능한 것으로 보고 에너지 強度는 餘他 關聯産業의 經營行態에 크게 의존하는 것으로 볼 때 이 兩者간의 比率變化 추이에서 化學肥料 産業

表 4 農産生産의 直·間接에너지 消費 推移
(1968年 不變價格 生産者 價格)

單位: 100萬원

區 分	1963	1968	1970	1973	1975	
直接에너지	石 炭 類	2.20	0.9	—	0.1	0.3
	石 油 類	9.70	12.5	22.8	16.9	26.5
	煉 炭	0.60	0.6	0.8	1.5	0.9
	電 力	10.0	5.2	28.2	37.4	33.10
	計	22.5	19.2	51.8	55.9	60.8
熱 量 (10 ⁷ k cal)	3,177	2,827	5,402	4,721	6,364	
直接 및 間接 에너지	石 炭 類	9.11	2.85	11.49	9.54	8.36
	石 油 類	26.84	19.44	86.75	102.47	152.97
	煉 炭	3.51	1.53	4.55	4.77	12.11
	電 力	16.92	13.22	47.65	75.69	70.02
	計	56.38	37.04	150.44	192.47	243.46
熱 量 (10 ⁷ k cal)	8,166	4,858	20,632	23,980	33,420	
直接에너지 投入係數(A)	0.0136	0.0125	0.0081	0.0048	0.0032	
總에너지 投入係數(B)	0.0340	0.0242	0.0234	0.0166	0.0127	
에너지原單位(C) 10 ³ k cal/백만원	19,173	18,453	8,401	4,070	3,310	
에너지強度 10 ³ k cal/백만원(D)	49,282	31,710	32,086	20,672	17,380	
D/C	2.6	1.7	3.8	5.1	5.3	

* 에너지 原單位 및 에너지 強度는 1968년 不變價格, 1百만원 相當價額 生産當 熱量임.
資料: <表 1>과 같음.

이 에너지 需給與件의 변화에 매우 민감하게 대처해 왔으며, 農業生産의 에너지 効率 提高라는 측면에서도 매우 바람직한 것으로 해석된다.

農業生産에서 農藥은 肥料 못지 않게 주요한 역할을 담당해 오고 있다. <表 4>는 農藥生産의 에너지 消費 推移를 몇 가지 각도에서 산출해 본 것이다.

農藥生産에 소요되는 주요 에너지源은 肥料生産의 경우와 같이 石油와 電力이며 費用面에서 直接에너지 消費額의 44%, 54%를 각각 차지하고 있다. 農藥生産量의 實質價値가 1973~65년 간에 11배로 증가하였으나, 投入된 直接에너지 消費量은 熱量으로 2배 정도 증가한 것으로 나타난다.

그런나 間接에너지 消費量은 直接에너지 消費量보다 많을 뿐만 아니라 增加 速度가 약 2배 빠른 것으로 나타난다. 1963년의 直接 및 間接 에너지 消費量은 直接에너지 消費量의 2.6배 수준이었으나, 1975년에는 5.3배로 증가하였다.

이와 같은 결과는 肥料生産의 경우와 유사한 것으로서 農藥生産에 필요한 投入財를 생산하는 關聯産業에 비해 農藥産業이 熱効率 提高에 보다 적극적이었던 것으로 해석된다. 熱効率 改善과 에너지 集約度の 정도를 에너지 投入係數, 에너지 原單位, 에너지 强度의 세 가지 경우로 검토해 볼 수 있다. 1968년 不變價額에 의한 直接에너지 投入係數와 總에너지 投入係數가 모두 감소하고 있으며, 1963년의 그것에 비해 1975년은 약 1/4, 1/3 수준으로 나타난다. 農藥生産의 에너지 原單位와 에너지 强度는 1968년 不變價額 100萬원 상당액의 農藥을 生産하는 데 1963년의 경우 $19,173 \times 10^3 \text{kcal}$, $49,282 \times 10^3 \text{kcal}$ 가 각각 소요되었다. 1975년에는 그 17%, 37%의 수준이며, 이때의 農藥 1kg 生産에 소요

되는 에너지 原單位는 B-C 油 1l 미만인 것으로 계산되지만, 에너지 强度로는 약 4l가 소요되는 것으로 나타난다.

農藥生産의 에너지 原單位에 대한 에너지 强度의 相對値가 꾸준히 증가하여 1963~75년 간에 약 2배로 증가한 것은 熱効率 改善이란 면에서 볼 때 肥料生産의 경우를 능가한다고 볼 수 있다. 主要 農業投入財로서 肥料, 農藥이 이상과 같은 水準의 에너지를 함유한 채 農業生産에 投入될 때 이들 使用量의 多少는 바로 農業生産의 에너지 投入量의 크기를 결정하는 주요한 要因이 될 것이다. 農業生産의 主要 投入物量을 에너지 投入量으로 평가하고 그 構成比率를 검토하는 일은 農業用 에너지 對策을 위한 基本作業으로 생각된다.

2. 農業生産部門別 에너지投入 構造

産業構造内の 에너지에 관한 聯關關係를 나타내는 「에너지 I/O模型」을 이용하여 각 生産部門別 直接 및 間接에너지의 投入, 配分關係를 검토해 볼 수 있다.

<表 5>는 1975년도 農業生産에 있어서 10개 部門의 에너지源別 投入量과 投入部門別 構成比率를 보여준다. 여기서 農業生産이란 産業聯關表에 나타나는 米麥類를 포함한 農作物과 畜産物 및 養蠶을 포함한 加工 이전까지의 生産을 의미한다.

農作物 生産에 소요된 總熱量은 약 $850 \times 10^{10} \text{kcal}$ 로 B-C 油로 환산하면 약 430萬 트럼에 해당된다.

全體 消費量 중에서 약 1/2을 石油類에서 충당하고, 나머지를 石炭에서 약 30% 그 다음 煉炭과 電力의 순으로 나타나고 있다.

에너지 投入費用(1968년 不變價額)에서 보면,

表 5 農業生産의 直·間接에너지 投入 構造, 1975
(1968年 不變價格)

單位: 100萬원

區 分	石 炭	石 油	煉 炭	電 力	計	熱 量 (10 ⁷ k cal)
燃料, 原料 및 照明	755.4	328.6	735.5	31.4	1,850.9	284,049 (33.4)
農 林 水 產 物	121.41	23.7	64.82	3.80	213.1	46,595 (5.5)
鑛 業 產 品	1.25	7.27	0.01	19.89	24.42	1,478 (0.2)
加 工 食 品	23.44	112.20	20.63	794.30	950.57	57,991 (6.8)
農 藥	0.27	23.78	0.81	29.70	54.56	5,711 (0.7)
肥 料	—	1,149.92	24.09	812.53	1,986.54	248,438 (29.2)
機 械	0.92	1.31	61.7	2.58	6.57	737 (0.1)
農 業 せ 비 스	—	25.14	64.07	81.39	170.6	17,582 (2.1)
其 他 工 產 品	382.09	77.07	8.14	63.00	530.3	114,808 (13.5)
社會間接及其他서비스	6.47	372.69	25.71	29.68	434.55	72,731 (8.5)
計	1,291.25	2,117.04	945.54	1,868.27	6,222.10	
熱 量 (10 ⁷ k cal)	246,701 (29.0)	387,151 (45.5)	147,515 (17.4)	68,754 (8.1)	—	850,121 (100.0)

註: 農業生産中 穀物 및 野菜部門의 營業活動 除外.
資料: <表 1>과 同一.

石油類 다음으로 電力使用費가 약 30%의 높은 비중을 점하고 있다. 農業生産의 에너지 投入部門을 10개로 분류하여 볼 때, 總投入熱량의 약 1/3이 各種 燃料用이나 照明용으로 직접 投入되고 있으며 역시 그 1/3 정도는 化學肥料를 통해 投入되고 있다. 農藥이나 農業用機械를 통해 투입되는 것은 불과 1% 미만의 미미한 수준에 지나지 않으며, 運輸 및 保管活動을 포함하는 社會間接 및 其他 서비스 部門, 비닐 製品을 포함한 기타 工產品이 각각 10% 내외 수준으로 나타나고 있다.

農業生産 部門은 農作物 生産과 畜産 및 養蠶 部門으로 대별할 수 있다. 穀物類, 野菜, 果實, 그리고 其他 工藝作物을 모두 포함한 農作物 生産에 투입된 總 에너지 所要量은 B-C 油로 환산하면 약 315萬 드럼에 상당하며 當該年の 農家 口當 약 1.5 드럼씩 消費한 결과가 된다. 에너지 消費源別로 보면 總投入량의 약 6割을 石油에서 충당되며, 그 다음으로 石炭이 1/4, 나머지는 電力, 煉炭의 순으로 나타난다. 여기서 電力의 消費량이 熱量으로 볼 때 전체의 1/10 정도이지만, 에너지費用(1968년 不變價額) 면에서 볼

때는 전체의 1/3 수준을 나타냄으로써 農業 전체의 경우와 그 順位面에서는 유사하다.

에너지 投入部門을 農業主要投入財를 중심으로 분류하여 보면 에너지 費用面에서나 熱量面에서 肥料를 통한 投入량이 약 4割을 차지하게 된다. 各種 燃料과 照明용으로 투입되는 直接에너지 消費량이 약 3割, 나머지 8개 部門은 運輸 및 保管業務를 중심으로 한 社會間接 및 기타 서비스, 기타 工產品, 加工食品, 農林水產物, 農業서비스……순으로 나타나고 있다.

특히 化學肥料 사용으로 인해 투입되는 에너지源 중에서 油類 消費량은 總에너지 消費량의 35%를 차지하고 있다.

畜産 및 養蠶部門의 에너지 投入량은 228×10^{10} kcal(B-C 油換算, 115萬드럼)로서 農業 전체의 약 1/4을 소비하는 것으로 나타난다. 에너지源別 投入構成比率은 農作物의 경우와는 그 결과가 전혀 相異하게 나타난다. 農作物의 경우 그 消費面에서 最下位 수준이던 煉炭이 畜蠶 生産에서는 가장 많이 이용되는 에너지源으로 나타나 이 部門 全體 投入熱량의 42%이며, 다음으로 石炭類, 油類, 電力의 순으로 나타난다. 결

表 6 農作物生產의 直·間接에너지 投入 構造
(1968年 不變價格)

單位：100萬圓

區 分	石 炭	石 油	煉 炭	電 力	計	熱 量(10 ⁷ k cal)
燃料原料 및 照明	755.4	311.6	184	4.3	1,255.3	192,989(31.0)
農 林 水 產 物	14.9	15.46	42.31	2.16	74.83	25,979(4.2)
石 炭 및 其 他	1.25	3.18	0.01	19.82	24.26	1,459(0.2)
加 工 食 品	1.02	51.19	6.58	653.17	711.96	35,196(5.7)
農 藥	0.27	23.76	0.81	29.67	54.51	5,706(0.9)
肥 料	—	1,149.92	24.09	812.53	1,986.54	248,438(39.9)
機 械	0.86	1.22	1.65	2.41	—	689(0.1)
農 業 卹 비 스	—	23.32	59.42	75.49	158.23	17,004(2.7)
其 他 工 產 品	101.81	63.8	5.43	51.12	222.16	40,293(6.5)
社 會 間 接 및 其 他 卹 비 스	4.65	284.35	10.48	19.36	318.84	54,442(8.7)
計	880.17	1,927.79	334.77	1,670.04	4,812.76	—
熱 量(10 ⁷ k cal)	155,676(25.0)	353,298(56.8)	51,751(8.3)	61,480(9.9)	—	622,205(100.0)

資料：〈表 1〉과 같음.

表 7 畜産 및 養蠶生產의 直·間接에너지 投入 構造
(1968年 不變價格)

單位：100萬圓

區 分	石 炭	石 油	煉 炭	電 力	計	熱 量(10 ⁷ k cal)
直 接 에너지	—	17.0	551.5	27.1	595.6	91,051(39.9)
間 接 에너지	106.51	7.61	22.51	1.64	138.27	20,616(9.0)
農 林 水 產 物	—	0.09	—	0.07	0.16	19(0)
加 工 食 品	22.42	61.01	14.05	141.13	238.61	22,795(10.0)
農 藥	—	0.02	—	0.03	0.05	5(—)
肥 料	—	—	—	—	—	—
機 械	0.06	0.09	0.11	—	0.43	48(—)
農 業 卹 비 스	—	1.82	4.65	5.90	12.37	578(0.3)
其 他 工 產 品	280.28	13.27	2.71	11.88	308.14	75,515(32.7)
社 會 間 接 및 其 他 卹 비 스	1.82	88.34	15.23	10.32	115.71	18,289(8.0)
計	411.08	189.25	610.77	198.23	1,409.34	—
熱 量(10 ⁷ kcal)	91,025(39.9)	33,853(14.9)	95,764(42.0)	7,274(3.2)	—	227,916(100.0)

* ()內는 構成比率(%)을 나타냄.

資料：産業聯關表(K.D.I 데이터 베이스, 1968年 不變價格換價) 利用.

국 畜蠶 生産에는 에너지源으로 石炭과 그 製品이 8割 이상 이용되고 있다.

投入部門別로 보면 各種 施設物의 加温用 燃料와 動力 및 照明用으로 4割이 투입되고 있으며, 그 다음으로 3割 이상이 加工食品, 農藥, 機械 등을 제외한 기타 工產品을 통해 투입되는 것으로 나타난다. 飼料를 중심으로 한 加工食品을 통한 에너지 投入量은 1割 정도이며 나머지 農林水產物, 社會間接 및 其他 서비스(運輸 및 保管活動 포함), 農業 서비스 순으로 間接에너지가 투입되고 있다.

農作物의 주종을 이루는 米麥類 生産의 에너지 投入構造는 에너지源別 消費量面에서나 部門別 에너지 投入量面에서 뚜렷한 양상을 나타낸다. 에너지源別 利用量面에서 7割 이상이 油類로 충당되며 나머지 電力, 煉炭, 石炭의 순으로 투입되고 있다. 米麥類 生産에 投入되는 總熱量은 241×10¹⁰kcal(B-C 油 換算, 121드럼)이며 農作物 全體所要量의 약 4割을 占하는 것으로 나타난다. 이중에서 6割 이상이 化學肥料를 통해 투입되고 있으며 약 1% 정도가 農藥 사용으로 인한 것이다. 水利 및 其他 農業基盤造成事

表 8 米麥生產의 直·間接에너지投入 構造, 1975
(1968年 不變價格)

單位: 100萬원

區 分	石 炭	石 油	燃 炭	電 力	計	熱 量(10k cal)
燃料, 原料, 照明	—	23.3	—	—	23.3	3,907(1.6)
農 林 水 產 物	—	0.94	10.80	0.77	12.51	1,894(0.8)
鑛 業 產 品	—	0.02	—	0.02	0.04	4(—)
加 工 食 品	0.95	48.06	6.45	643.13	698.59	41,446(17.2)
農 業	0.12	10.85	0.37	13.56	24.9	2,605(1.1)
肥 料	—	681.26	14.27	481.38	1,176.91	147,185(61.2)
機 械	0.55	0.78	1.05	1.53	3.91	440(0.2)
農 業 卹 비 스	—	18.81	47.94	60.90	127.65	13,156(5.5)
其 他 工 產 品	3.67	22.1	1.81	15.89	43.47	5,842(2.4)
社 會 間 接, 其 他 卹 비 스	0.33	137.2	3.04	9.06	149.63	24,132(10.0)
計	5.62	943.33	85.63	1,226.23	2,260.82	
總 熱 量(10 ⁷ k cal)	8,606(3.6)	174,320(72.4)	12,567(5.2)	45,119(18.8)		240,612(100.0)
에너지原單位 kcal/㎏	—	6,034	—	—		6,034
에너지 強度	13,291	269,220	19,408	69,682		371,601

註: 순수 商業活動으로 인한 것은 제외. 米穀과 麥類의 生産量 比率은 約 2.6:1이며 運輸 및 保管活動의 에너지消費量은 商業活動에서 別個로 區分하여 포함.

資料: <表 7>과 同一.

業과 關聯한 農業서비스 活動에 의해 약 6%의 間接에너지가 투입되고 있으며, 農機械로 인한 間接投入量은 극히 미소한 것으로 나타난다.

各種 投入部門別 에너지源別 投入熱量 중에서 化學肥料 사용으로 인한 油類 所要量만의 比重이 米麥生産을 위해 투입되는 總熱量的 5割 이상을 차지하고 있다.

이같은 에너지 投入構造는 農業生産의 에너지 對策에 관한 방향을 제시하기도 한다. 그러나 이러한 構造下에서의 直接 또는 間接에너지 投入量이 에너지 集約度(density)面에서 農產物 單位當 어느 정도로 나타날 것인가는 總投入熱量과는 별개의 경우이다.

IV. 農產物의 에너지 原單位, 에너지 強度

特定生産部門의 直接 또는 間接 에너지 投入量은 결국 生産物量과 에너지 原單位 및 에너지 強度에 의해 결정된다. 農業生産의 投入構造를

통해 직접 또는 간접으로 投入된 에너지 所要量이 農產物 單位生産當 어느 정도인지를 산출하려면 에너지 原單位 또는 에너지 強度를 計測하게 된다. 여기에서 에너지 原單位는 直接에너지만을 고려한 경우이며, 에너지 強度는 間接에너지까지 포함된 경우이다. 따라서 에너지 強度에는 그 製品生産에 필요한 原材料의 生産을 위해 소요되는 에너지 量까지 포함하는 경우가 된다.

産業聯關表를 이용한 이들의 計測은 産業聯關表를 「에너지 I/O模型」으로 變換하는 가운데 각 産業部門別 에너지 所要量과 함께 金額單位로 이루어지게 된다.

에너지 原單位와 에너지 強度를 통해서 産業構造變化에 따른 에너지 消費量變化를 추적할 수 있으며, 에너지 利用效率 내지는 生産技術의 變化를 그대로 반영하는 指標가 되므로 特定部門 生産技術의 動態를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 에너지 原單位나 에너지 強度가 큰 投入物을 效率的으로 이용함으로써 에너지 節約效果를 提高할 수 있게 된다.

表 9 農産物의 에너지原單位 推移
單位: 10³kcal/백만원*

年 度	石炭類	石油類	煉炭類	電 氣	計
1962	664	325	21	12	1,022
1968	629	555	389	43	1,616
1970	3	1,829	700	20	2,552
1973	3	1,704	1,112	28	2,847
1975	1,647	813	1,717	17	4,194
年加 平率 의 增	1963~1975 7.9%	7.9%	44.3%	2.9%	12.5%
	1963~1970 △53.8	28.0	65.0	7.6	14.0
	1970~1975 353.1	△13.8	19.7	△3.2	10.4

* 1968年 不變價格임.
資料: <表 7>과 同一.

各種 農産物을 공통된 하나의 單位로 나타내기 위해 1968年 不變價格으로 표시하고 100萬원 單位의 農産物을 생산하는데 投入된 熱量으로 나타내어 農産物의 에너지 原單位로 하고, 그 推移를 검토해 보면 每年 높은 增加趨勢를 나타내고 있다(表 9).

1963~75년간의 農産物 에너지 原單位는 年平均 약 12.5%씩 증가하여 왔다. 이 기간을 돌로 나누어 1960년대와 第1次 油類 波動을 經驗한 '70년대로 구분할 때, 전자의 경우 年平均 14%의 높은 增加率을 보이는데 비해 후자의 경우는

10.4%로 다소 鈍化된 것으로 나타난다. 1960년대 上半期의 農産物의 에너지 原單位는 1968年 不變價格 100萬원 생산당 1022千 kcal로 B-C油로 換算하여 100여l가 소요되었으나, 1970년대 中期에는 약 40여l가 소요되고 있다. 에너지源別 原單位 推移는 매우 可變的이어서 1960년대와 1970년대로 뚜렷이 구분된다. 石油波動 이전에는 石油類 중심에서 그 이후에는 石炭과 煉炭 중심으로 轉換되는 것으로 나타난다.

동일한 基準에서 1975년도 農産物의 에너지 強度는 12,577千kcal/100만원(B-C油 換算 약 6.5드럼)로 에너지 原單位의 약 3배가 된다.

에너지源別 原單位에 대한 에너지源別 強度의 크기가 가장 높은 것은 電力으로 약 60배가 되며, 石油類도 무려 7배로 나타나, 農業生産에 직접 사용되는 것보다 間接的인 것이 각각 59배와 6배가 된다는 것을 말해 준다.

이들의 內容을 農作物과 畜蠶으로 구분해 보면 農作物에 비해 畜蠶이 에너지 原單位와 에너지 強度가 각각 2배 이상이 된다. 農作物의 에너지

表 10 農産物의 에너지原單位 및 에너지強度(1975年)

區 分		石 炭	石 油 類	煉 炭 類	電 力	計	附加價值生産性 (원/10 ³ kcal)
米麥類	에너지原單位(A)	—	108 (6,034)	—	—	108 (6,034)	70,960
	에너지強度(B)	238 (13,291)	4,822 (269,220)	348 (19,408)	1,248 (69,682)	6,656 (371,601)	1,152
	B/A		44.6			61.6	
農作物	에너지原單位(A)	1,951	914	509	3	3,377	2,242
	에너지強度(B)	2,723	6,182	905	1,076	10,886	695
	B/A	1.4	6.8	1.8	358.7	3.2	
畜·蠶	에너지原單位(A)	—	270	8,261	94	8,625	532
	에너지強度(B)	8,622	3,207	9,071	689	21,590	212
	B/A		11.9	1.1	7.3	2.5	
農産物 平 均	에너지原單位(A)	1,647	813	1,717	17	4,194	1,694
	에너지強度(B)	3,644	5,719	2,179	1,015	12,557	566
	B/A	2.2	7.0	1.3	59.7	3.0	

* 米麥類의 ()內는 kcal/ㄱ을 나타냄.
1968年 不變價格.
資料: <表 7>과 同一.

原單位가 3,377千kcal 인데 畜蠶은 8,625千kcal 이며, 에너지 強度는 農作物이 10,886千kcal 임에 비해 21,590千 kcal 이다. 同一價値를 生産하는데, 畜·蠶側이 2배 이상의 化石燃料(B-C 油 換算 약 11드림/100萬원)가 소요됨을 알 수 있다.

이들의 에너지源別 內容을 보면 畜·蠶은 石炭과 煉炭類가 主宗을 이루고 있으나, 農作物은 石油類가 主宗을 이루고 있다.

에너지 原單位에 대한 에너지의 強度의 크기는 農作物과 畜蠶이 각각 3.2倍와 2.5倍로 農作物이 높게 나타나고 있으나 石油類만은 畜蠶이 약 12倍로 農作物의 경우보다 훨씬 높다. 이러한 에너지 原單位에 대한 에너지 強度의 크기는 各 生産部門別 에너지 節約方法의 주요한 방향을 제시하게 된다. 그 倍率이 낮은 것일수록 자체의 熱效率을 개선하여 直接投入 에너지를 절약하는 방향으로, 그 倍率이 높을수록 에너지源 以外 投入物의 效率性을 提高시키는 방향으로 중점적인 節約運動을 전개할 필요가 있다.

우리 農業의 主宗을 이루는 米麥의 에너지 原單位와 에너지 強度는 農產物 全體平均 또는 農作物의 그것에 비해 아주 낮은 水準이다. 뿐만 아니라 에너지 原單位에 대한 에너지 強度의 크기는 무려 60배가 넘는 수준을 나타내고 있으므로, 米麥 生産部門의 에너지 節約運動을 편다면 間接에너지 部門에 큰 比重을 두고 전개해 나가야 할 것이다. 米麥 1kg 을 生産하는 데 B-C 油로 換算하여 약 0.038l 의 石油가 所要되며⁴⁾ 그 중의 72% 가량이 石油類에 편중되는 投入構造上의 특징을 갖고 있다.

投入熱量의 附加價値生産性 面에서 보면 農業의 경우에 에너지 1千kcal 投入當 附價値 566원(1968년 不變價額)의 關係로 나타나고 있다(表 10).

에너지의 附加價値 生産性은 農作物에 비해 畜蠶은 그 1/3 수준도 못된다. 더구나 米麥生産에서 에너지의 附加價値와 의 關係는 에너지 資源配分の 주요한 變數로 취급될 수도 있다. 즉, 에너지資源이 경제성장과 雇傭增大의 制約要素로 작용할 경우, 에너지 利用의 效率性을 제고하는 길은 에너지의 附加價値生産性이 높은 産業의 比重을 높이는 방향으로 産業構造를 改編해야 할 것이다. 그런 의미에서는 米麥作 위주의 營農은 바람직하다고 볼 수 있으나 畜產 振興은 「省에너지型」의 附加價値生産性이 높은 방향으로 轉換할 수 있는 方法도 研究해 볼만한 課題가 될 것이다.

V. 要約 및 結論

지금까지 「에너지 I/O 模型」을 중심으로 農業生産에 所要되는 直接 및 間接에너지의 投入構造, 農產物의 에너지原單位 및 에너지強度와 에너지의 附加價値生産性에 관해 검토해 보았다.

이와 같은 分析內容에서 農業生産의 에너지 需給安定과 에너지 資源의 效率性 提高라는 目標과 관련하여 요약할 만한 것과 거기서 얻어낼 수 있는 結論은 무엇일까?

○ 農業生産의 直·間接 에너지 投入量 중에서 化學肥料를 통해 投入되는 것이 큰 比重을 차지하고 있다. 특히, 米麥生産에서는 6割이 化學肥料를 통해 投入되는 것으로 나타난다.

○ 農業生産 總에너지 投入量의 1/3을 차지하는 直接에너지의 消費推移가 營農與件의 變化에 따라 빠른 速度의 增加趨勢를 나타내며 單位生産當 직접 에너지 集約度를 의미하는 에너지 原單位가 年平均 12.5% (1963~75)의 增加率을 보여주고 있다.

○ 農産物의 에너지原單位와 에너지 強度는 生産部門別로 큰 差를 나타낸다. 農作物에 비해 畜産, 養蠶側이 2배, 米麥類가 3배 이상의 높은 수준을 보여준다. 또한 에너지 原單位에 대한 에너지 強度의 크기는 生産部門別로 매우 큰 隔差를 나타내며, 그 크기에 있어서 米麥의 경우는 약 61배나 되며, 農作物, 畜蠶의 순으로 나타난다.

○ 農業生產의 에너지 附加價值 生産性은 生産部門別로 역시 큰 차를 나타내고 있다. 畜産·養蠶에 비해 農作物이 약 3배, 米麥만으로, 약 5배의 수준으로 나타난다.

이상과 같은 사항들을 農業生產의 에너지 對策과 關聯하여 農業用 에너지資源配分을 위한 주요한 指針이 될 수 있다. 물론, 에너지資源, 특히 化石燃料가 모든 農業投入財를 대표하거나 그것의 節約만이 最善의 方策인 듯한 偏見에서 論理가 전개되어서는 안될 것이다. 오늘날 우리 農業이 담당해야 할 役割을 보다 효과적으로 수행하기 위한 農業生產用 에너지對策이 되어야 할 것이다.

基本目標로서, 食糧增産과 農家所得增大, 快適한 環境의 維持 및 改善, 그리고 農業生產用 에너지對策으로서 農業生產에 있어서 에너지資源의 効率的 利用, 이상 3가지를 동시에 만족시키거나, 어느 一方의 최소한의 희생하에서 보다 중요한 것을 얻는 結果가 아니면 안된다. 그렇다면, 限定된 分析結果에서 제시할 수 있는 것은 무엇일까?

化學肥料를 많이 사용하기로는 우리 나라가 世界 最上位 그룹에 속해 있음은 前述한 바다. 化學肥料의 過度한 사용이 窒酸鹽으로 水質을 오염시키고, 土性を 變化시켜 生態系의 均衡을 파괴하며 또한 이러한 결과는 農業生產에 보다 많

은 農藥을 요구하는 要因이 된다고 한다. 그렇다고 肥料의 寄與度を 無視하거나 肥料投入量을 減少하자는 것은 아니다. 肥料의 生産性과 農産物價格, 그리고 投入費用에 관한 貨幣的 側面이 고려되어야 하기 때문이다. 그러나, 世界 最上位圈의 多施肥型 農法에서 벗어나 化學肥料施肥量의 상당한 비율을 減少시킬 수 있다면, 環境資源의 保存은 물론 農業生產에 投入되는 에너지 節約效果가 매우 클 것이다.

현실적으로 營農機械化의 必要性이 강조되고 또한 빠른 속도로 추진되고 있지만 에너지 消費側面에서 보면 營農機械化로 인한 間接에너지投入量은 불과 1% 수준에 못 미치는 정도이다. 따라서 化學肥料投入量은 10%만 절감하여도 米麥의 경우는 總에너지 投入量의 6%, 農作物의 경우는 4%를 각각 節約할 수 있게 되며, 이 節約分으로 만약, 營農機械化 水準을 10배 이상 증가해도 間接 에너지 소비면에서는 지금과 같은 均衡을 유지한다고 볼 수 있다.

필요한 肥料成分을 投入하면서 化學肥料使用量을 減少시킬 수 있는 對策으로서 다음과 같은 方案을 들 수 있다.

○ 代替에너지로서 有機質肥料의 活用도를 높일 수 있는 보다 적극적인 그리고 科學的인 實踐方法을 마련해야 한다. 經濟性 및 使用上の 便易度 등을 고려한 有機廢棄物의 수송거리, 加工方法 등이 이미 美·日 등지에서는 研究가 활발한 것으로 발표되고 있다. 더구나 우리 나라와 같은 좁은 國土, 農耕地에서는 高度의 集約的 營農의 結果, 肥料·農藥은 물론 가축의 糞뇨까지도 環境汚染의 심각한 원인이 되고 있음은 이미 알려진 바이며, 이러한 입장에서 볼 때 有機廢棄物 活用の 필요성은 더욱 강조될 것이므로 個別農家の 입장에서 作業上的 不便이나 不快感

은 考慮하지 않더라도 短期的으로 經濟的 不利益이 있다면 政策的인 支援까지도 고려해 볼 만할 것이다.

○ 地力維持 또는 增進을 위한 營農形態 내지는 作付體系의 研究이다.

○ 「省에너지型」의 品種 研究가 또한 그 方法이 된다. 이미 生態學的, 遺傳的 機能을 조절하여 豆類와 같이 空氣 중의 窒素를 이용할 수 있는 品種으로 栽培하거나 가뭄에 강한 品種을 개발하기 위한 科學的 研究가 활발할 뿐만 아니라 太陽熱과 같은 自然 에너지의 利用度를 提高할 수 있는 品種의 開發도 주요한 研究對象이 되고 있다.

이상과 같은 方法이 實用化 될 경우, 本稿에서 分析한 한정된 結果와 기타 營農與件面에서 볼 때, 다른 어느 나라보다도 環境資源의 保護面에서나, 에너지 節約面에서도 많은 便益을 提供받게 될 것이다. 특히 우리와 같이 化學肥料의 投入量이 매우 높을 뿐만 아니라 그를 통해 投入되는 에너지 消費量이 作物生産用 에너지 投入量의 대부분을 차지하는 에너지 投入構造下에서는 더욱 바람직한 方法이 될 것이다.

農業生産用 에너지 資源의 活用과 그 節約對策을 마련하는 데는 生産物別 에너지原單位 및 에너지強度, 投入熱量의 附加價值生産性이 주요한 基準이 될 수 있음을 本分析結果가 말해 준다.

要約 項目에서 前述되었듯이 畜産部門은 熱量의 附加價值生産性面에서 作物에 크게 뒤지고 있으며, 우리 農業의 主宗인 米麥의 1/5 수준이다. 그러나 에너지 原單位와 에너지 強度는 그 반대의 傾向을 나타내고 있다. 이같은 結果에서 보면 畜産振興의 방향은 물론 作付體系의 選擇을 위한 基本方向도 餘他 目的과 부합한다면 이

러한 結果를 참조하여 에너지 原單位 및 에너지 強度가 낮은 方向으로, 그 附加價值 生産性은 높은 方向으로 設定되어야 할 것이다.

또 한편으로는 農業生産部門別 에너지 原單位에 대한 에너지 強度의 相對比率은 에너지 對策의 보다 구체적인 基準의 하나가 될 것이다. 즉 이 값이 큰 경우일수록 그 生産部門의 에너지 節約方案은 直接에너지보다는 間接에너지側 즉 非에너지 投入財를 節約하는데 역점을 두어야 할 것이다. 分析結果에 따르면 米麥의 경우는 直接에너지 投入量을 節約하려는 것보다 化學肥料와 같은 間接에너지 投入源을 重點的인 節約對象으로 하는 對策을 마련해야 할 것이며, 畜産部門은 米麥類나 餘他 農作物에 비해 直接에너지를 절약할 수 있는 方法을 강구해야 할 것이다.

農業生産의 直接에너지 消費推移의 分析結果를 통해 營農機械化의 適正水準 把握과 「省에너지型」 農機械의 開發에 관한 重要性을 강조하지 않을 수 없다.

우리 나라의 경우 肥料를 통한 에너지 投入量이 가장 큰 比重을 차지하지만 美國, 日本과 같은 先進 機械營農國에서는 農機械를 통한 直·間接 에너지 投入量이 가장 높은 몫을 차지하고 있다. 日本의 경우, 農機械 過剩과 農機械에 搭載한 과도한 高馬力의 動力으로 인한 에너지 낭비가 문제점으로 지적되고 있다. 아직 우리 나라의 경우는 營農機械化 수준이 낮은 狀態이지만, 農業生産用 直接에너지 消費가 年平均 12.5% (1963~1975)의 增加趨勢에 있음을 볼 때 畜舍, 비닐하우스의 「省에너지型」 加溫對策과 함께 適正 營農機械化 水準의 把握과 「省에너지型」 農機械 開發은 農業用 에너지 對策에 있어서 주요한 課題의 하나가 될 것이다.

參 考 文 獻

註 1. 韓國銀行, 産業聯關表(KDI 데이터 베이스, 1968年 不變價格換價).

2. 모든 生産物의 生産回番이 엄격히 區分되고 當回의 生産에는 바로 前回의 生産物이 投入된다고 假定하면 s 번째 特定品目을 生産하는데는 「s-1」번째 生産한 投入物量이 필요한 것이며 「s-1」번째 生産한 投入物量을 生産하는데는 「s-2」번째 生産物(中間財)이 所要된다. 이러한 關係는 (s-1)번째 까지 무한 연장될 것이다.

이 關係를 函數關係로 表示하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 y &= f_s(x_1(s-1), x_2(s-1), \dots, x_n(s-1)) \\
 x_i(s-1) &= f_{i(s-1)}(x_1(s-1), x_2(s-2), \dots, x_n(s-2)) \\
 &\vdots \\
 x_i(s-l) &= f_{i(s-l)}(x_1(s-l-1), x_2(s-l-1), \dots, x_n(s-l-1))
 \end{aligned}$$

단 $\begin{cases} x_i: x_1, x_2, \dots, x_n \\ i: \text{投入 또는 産出部門} \\ y: \text{特定生産品} \\ s: \text{生産回番} \end{cases}$

여기서 y 生産에 所要되는 特定中間投入財 x_k (단 $k \in i$) 의 總所要量은 (s-1)회까지 추적하며 算出하게 된다.

$$x_k = x_k(s-1) + \sum_{l=2}^{\infty} \sum_{i=1}^n x_k f_{i(s-l)}$$

단, $x_k f_{i(s-l)}$: 函數 $f_{i(s-l)} \{x_1(s-l), \dots, x_n(s-l-1)\}$ 에서 投入財 k 所要量, ($l=2, \infty$)

3. 金光錫 “産業聯關表의 1968年 不變價格으로의 換價” 「韓國開發研究」 여름호 1979
4. 米와 麥類의 生産物重量比가 2.6 : 1의 경우.

金光錫, “産業聯關表의 1968年 價格으로의 換價”, 「韓國開發研究院」, 여름호, 1979

金忠實, “農業用 에너지 消費構造의 變化”, 「農村經濟」, 第3卷 第4號, 韓國農村經濟研究院, 1980, pp. 127-133.

金浩卓, “에너지 需要 供給 모델에 관한 研究”, 「農村經濟研究」, 第17輯, 韓國農村經濟學會, 1975, pp. 66-79

동력자원부, 「목표 에너지 原單位 策定 調査에 관한 研究」, 1978

宋丙洛, 「韓國經濟의 産業聯關分析」, 韓國開發研究院, 1973. 5

川井一之, 「省エネルギーと農業」, 明文書房, 1980

D. Plimtal “World Food, Energy, Man and Enironment,” *Energy, Agriculture and Waste Manament*, 1977, p. 11

M. Slessor, “Energy Requirements of Agriculture,” *Environment and Man*, Vol. 2, Blackie & Son Ltd., London, 1976, p. 11

Hill L.D., Erickson. S., “Economic Restraints on the Reallocation of Energy for Agrculture,” *Energy Agriculture and Waste Management*, Ann. Arbor Science, 1975, pp. 105-122.

Pric D.R. et. al., “Accountiong of Energy Inputs for Agricultural Production in New York,” *Energy Agriculture and Waste Management*, Ann Arbor Science, 1975, pp. 105-122.