

BSPE 00067 - 104 - 2

海洋에너지의 賦存特性和 發電利用技術에 관한
調査研究

A Study on Potential Characteristic and
Utilization Techniques of Ocean Energy

1986. 3.

韓國科學技術院
海洋研究所

提 出 文

海洋研究所長 貴下

本 報告書を “海洋에너지의 賦存特性和 發電利用技術에 관한 調査研究” 事業의 最終報告書로 提出합니다.

1986 年 3 月 31 日

韓國科學技術院 海洋研究所

研究責任者：安 熙 道（海洋工學研究室）

要 約 文

I. 題 目

해양에너지의 賦存特性和 發電利用技術에 관한 調査研究

II. 研究開發의 重要性 및 目的

오늘날 世界各國은 將來의 에너지安定供給을 위하여 代替에너지 利用開發을 적극 推進中에 있다. 代替에너지 資源의 하나인 海洋에너지는 潮力, 波力, 海洋溫度差, 潮流 等の 形態로 存在하며 無公害의 淸淨에너지로서 脚光을 받고 있다.

本 調査研究에서는 海洋이 지니고 있는 에너지供給의 可能性를 概觀하고, 그의 精確한 評價方法 및 手段을 確立함과 더불어 將次 海洋에너지利用開發에 있어 基本資料로서의 活用을 目的으로 하였다.

III. 研究開發의 內容

本 調査研究의 內容은 우선 世界의 에너지需要와 供給面을 分析한 後, 海洋에너지의 特性, 調査方法, 利用技術上에 있어 共通의 問題點을 검토하였다. 그런 後, 海洋энер지를 潮力, 波力, 海洋溫度差, 其他海洋에너지의 各에너지形態別로 區分, 各章마다 資源量과 立地條件, 計測의 項目과 技術, 資料集積의 現狀, 利用의 原理와 技術의 問題點, 技術開發의 動向, 經濟性의 評價, 環境影響評價와 波及效果에 關係 검토하였다.

Ⅳ. 研究開發의 結果

本 調査研究의 結果로서는, 海洋에너지利用중에서 이미 實用化되어 商用運轉이 행해지고 있는 것은 潮力發電뿐이며 特殊用途로 이용되고 있는 小型小容量級의 發電으로서는 波力發電이 있다. 다음으로 아직 實用化 단계까지에는 이르지 못했으나 基礎研究段階를 거쳐 파이롯트플랜트에 의한 實證段階에 있고 또 實用化 時期도 비교적 멀지않은 가까운 장래로 여겨지는 發電으로는 海洋溫度差發電과 中規模의 波力發電을 들 수 있다. 이에 反해 海·潮流, 溫度差, 海洋바이오매스는 基礎研究 或은 實用可能性에 대한 기초적 조사단계에 머물고 있으며 實用化까지에는 상당한 時日이 要할 것으로 思料된다.

SUMMARY

I. Title

A Study on Potential Characteristic and Utilization Techniques of Ocean Energy

II. Significance and objectives of the studies

A study has been made to overview of ocean energy potential, and clarifying the ways and means of its accurate evaluation as well as providing information on ocean energy utilization techniques.

III. Scope of the studies

The study covers the specific energy of tides, waves, ocean thermal gradients, ocean currents, with each chapter being structured so as to address the resource potential and location factors, item of measurement and techniques, present state of data collection, principle of utilization and technological problems, trends in technological development, evaluation of cost effectiveness, and environmental assessment and impact.

IV. Results of the studies and suggestions

Methods of using the energy of the ocean that are already at the stage of practical application and commercial operation are tidal electric-power generation as a large-scale base-load electric-power plants and wave electric-power generation as a small, low-capacity electric-power generators for special applications. Next are the technologies that have not yet reached the point of practical application but have passed beyond the stage of fundamental research to the demonstration stage in pilot plants and are believed to be comparatively near the point of practical application as well; among these, ocean thermal energy conversion, medium-scale wave-power generation. In contrast to this, salinity gradient power generation, ocean-current (tidal-current) power generation, and biomass are at the stage of fundamental research or fundamental surveys concerning the feasibilities, and it is estimated that more time will be required before they are put to practical use.

目 次

要 約 文	3
英文要約文	5
第 1 章 序 論	19
第 2 章 世界の 에너지需要와 供給	21
第 1 節 總 論	21
第 2 節 主要에너지源의 將來展望	24
第 3 章 海洋과 에너지	28
第 1 節 海洋에너지의 資源量	28
第 2 節 海洋에너지의 調査	30
第 3 節 海洋에너지의 特性和 利用上의 問題點	33
第 4 章 潮力發電	36
第 1 節 資源量과 立地條件	36
第 2 節 計測의 項目과 技術	39
第 3 節 潮汐資料의 取扱狀況	43
第 4 節 原理와 技術의 問題點	46
第 5 節 技術開發의 動向	49
第 6 節 經濟性의 評價	59
第 7 節 環境影響評價와 波及效果	60
第 5 章 波力發電	62
第 1 節 資源量과 立地條件	62
第 2 節 計測의 項目과 技術	65
第 3 節 波浪資料의 現狀	68

第 4 節	原理와 技術의 問題點	71
第 5 節	技術開發의 動向	77
第 6 節	經濟性的의 評價	85
第 7 節	環境影響評價와 波及效果	87
第 6 章	海洋溫度差發電	90
第 1 節	資源量과 立地條件	90
第 2 節	計測의 項目과 技術	93
第 3 節	資料集積의 現狀	96
第 4 節	原理와 技術의 問題點	101
第 5 節	技術開發의 動向	109
第 6 節	經濟性的의 評價	117
第 7 節	環境影響評價와 波及效果	119
第 7 章	其他 海洋에너지	122
第 1 節	海流(潮流)發電	122
第 2 節	鹽度差發電	126
第 3 節	海洋바이오매스에너지	127
第 8 章	結 論	128

CONTENTS

Summary.	5
List of Tables.	13
List of Figures.	15
Chapter 1. Introduction.	19
Chapter 2. World Energy Demand and Supply.	21
Section 1. General Remarks.	21
Section 2. Future Outlook of the Principal Energy Sources.	24
Chapter 3. The Ocean and Its Energy.	28
Section 1. Ocean Energy Resource Potential.	28
Section 2. Survey of Ocean Energy.	30
Section 3. Nature of Ocean Energy and Utilization Problems.	33
Chapter 4. Tidal Power Generation.	36
Section 1. The Amount of Resources and Conditions of Location.	36
Section 2. Items and Techniques of Measurement.	39
Section 3. Keeping of Tidal Data.	43
Section 4. Principles and Technical Problems.	46
Section 5. Trend of Technology Developments.	49
Section 6. Economic Evaluation.	59

Section 7. Environmental Assessment and Far-reaching Effects.	60
Chapter 5. Wave Energy.	62
Section 1. Resource Potential and Conditions of Location.	62
Section 2. Items and Techniques of Measurement.	65
Section 3. Current Status of Wave Data.	68
Section 4. Principles and Technical Problems.	71
Section 5. Trend of Technology Developments.	77
Section 6. Economic Evaluation.	85
Section 7. Environmental Assessment and Spreading Effects.	87
Chapter 6. Ocean Thermal Gradient Energy.	90
Section 1. Resource Potential and Evaluation of Location Factors.	90
Section 2. Measurement Parameters.	93
Section 3. Present State of Data Collection.	96
Section 4. Principles and Technical Problems.	101
Section 5. Trends of Technology Developments.	109
Section 6. Cost Evaluation.	117
Section 7. Environmental Assessment and Technolo- gical Impact.	119
Chapter 7. Others Ocean Energy.	122
Section 1. Ocean and Tidal Current Energy.	122

Section 2. Salinity Gradient Energy.	126
Section 3. Biomass Energy.	127
Chapter 8. Conclusion.	128

List of Tables

Table 2.1.1	World reserves of energy resources.	25
Table 3.2.1	Oceanic observation items and their details.	31
Table 3.3.1	Unconventional energy potential from marine origin.	35
Table 4.1.1	Selected potential tidal power sites.	38
Table 4.2.1	Items of tide measurement.	39
Table 4.3.1	Number of ports for which harmonic constants are available.	44
Table 4.5.1	Evaluation of tidal power potential in Korea.	58
Table 5.2.1	Principal wave gauges.	66
Table 5.4.1	Classification of wave energy converters.	72
Table 5.5.1	Various devices of wave energy converter in Japan.	80
Table 5.5.2.	Various devices of wave energy converter in U. K.	82
Table 5.6.1	Present costs of wave energy in the U. K.	86
Table 6.4.1	Technical problems of OTEC.	108
Table 6.5.1	Specification of MINI-OTEC.	111
Table 6.5.2	Proposals for 40 MWe OTEC Pilot plant.	112
Table 6.5.3	Nominal conditions of Nauru 100Kw OTEC Plant.	113
Table 6.5.4	Experiment schedule of OTEC Plant in Japan.	114

Table 6.6.1	Evaluation of construction cost.	118
Table 6.6.2	Comparison of electricity cost at bus bar.	118
Table 6.7.1	Potentiality of environmental impact of the construction stage.	120
Table 6.7.2	Environmental assessment.	121
Table 7.1.1	Ocean and tidal currents power generation system.	123

List of Figures

Fig. 2.1.1	World energy supply and demand outlook (1)- Outlook of TEXACO Co. (Dec. 1983).	22
Fig. 2.1.2	World energy supply and demand outlook (2)- Outlook of CHEVRON Co. (Jun. 1985).	23
Fig. 3.1.1	Distribution of solar energy on the earth.	29
Fig. 4.1.1	Major tidal power plant sites.	37
Fig. 4.2.1	Relationship between various tide levels.	40
Fig. 4.2.2	Permanent tide gauge.	42
Fig. 4.3.1	Distribution of tide stations.	45
Fig. 4.4.1	Some concepts of tidal power basin schemes.	47
Fig. 4.5.1	General layout of La Rance tidal electric development.	51
Fig. 4.5.2	Sectional elevations of component structures, Rance station.	52
Fig. 4.5.3	Sectional elevation of Annapolis tidal electric station.	53
Fig. 4.5.4	Location of tidal power sites in Bay of Fundy, Canada.	54
Fig. 4.5.5	Sectional elevation of Kislaya Guba power house caisson.	55
Fig. 4.5.6	Tidal power plant sites in Korea.	58
Fig. 4.7.1	Environmental assessment and impact of tidal power projects.	61
Fig. 5.1.1	Distribution of average wave energy in the world.	64

Fig. 5.2.1	Waverider buoy.	68
Fig. 5.3.1	World map showing distribution of catalogue entries and modified canadian ten degree square system.	69
Fig. 5.4.1	Various devices of wave energy converter.	75
Fig. 5.5.1	Wave power densities in Korean coast.	84
Fig. 6.1.1	Worldwide distribution of OTEC thermal resources.	92
Fig. 6.2.1	Relationship between OTEC power system and measurements,	95
Fig. 6.3.1	Serial observation, inventory by five degree square.	97
Fig. 6.3.2	MBT inventory by five degree square.	98
Fig. 6.3.3	XBT inventory by five degree square.	99
Fig. 6.4.1	Concepts of OTEC power generation.	102
Fig. 6.4.2	Classification of OTEC system from the point of oceanic structures.	103
Fig. 6.4.3	OTEC system.	105
Fig. 6.4.4	OTEC R & D Phase evaluation.	107
Fig. 6.5.1	Layout of MINI-OTEC.	110
Fig. 6.5.2	Land section of sea floor and temperature distribution.	114
Fig. 6.5.3	Distribution of OTEC thermal resources at the near of Japan.	116
Fig. 7.1.1	Concepts of ocean and tidal currents power generation.	124

List of Photos.

Photo 4.2.1 Aanderaa water level recorder (WLR-5)	42
Photo 5.5.1 View of wave activated generator buoy	79
Photo 5.5.2 View of the KAIMEI	79

第 1 章 序 論

海洋은 全地球表面積의 71%를 차지, 人類의 生存 및 社會活動分野에 있어 海洋이 미치고 있는 影響力은 막대하다. 海洋의 主要役割로는 溫暖한 氣候의 生成, 食糧이나 給水로서의 利用, 輸送手段이나 레크레이션場所로서의 提供等 多種多様하지만, 近年 海洋이 保持하고 있는 풍부한 에너지를 社會活動에 導入함으로써 에너지問題 解決에 일익을 담당하려는 氣運이 高潮되고 있다.

실제, 海洋에너지利用의 歷史는 그리 짧지는 않다. 이미 10世紀에는 페르샤灣이나 도우버海峽에서 潮力을 이용한 水車가 돌았다는 形跡이 있고, 海流나 波力의 에너지도 船舶의 推進등에 이용되었다는 記錄이 있으나 이 모두 量的으로 소규모내지 局所的이었다. 그 後 石炭이나 石油를 중심으로 한 化石燃料나 熱機關 等の 登場으로 말미암아 海洋에너지를 이용하려는 試圖는 별 進전없이 現在에 이르고 말았다.

그러나 最近의 두차례에 걸친 石油波動(1973.10, 1978.12)을 돌이켜 보면서 將來世界에 있어서의 에너지需給狀態를 전망해 볼때, 人類의 活動을 持續하고 또 發展시켜가기 위해서는 自然에너지를 포함한 供給시스템을 確立할 需要가 있으며, 이 같은 觀點에서 지금까지 미개척분야인 海洋이 한층 注目視되고 있다.

海洋은 장차 밀어닥칠 資源難에 대비하여 地球上의 마지막 寶庫로서 그 價値가 점차 높아지고 있으며, 특히 海洋에너지 자원개발은 代替에너지 개발계획의 일환으로서 세계각국의 觀心度를 가일층 高潮시키고 있는 것이다. 潮力, 波力, 海洋溫度差에너지로 크게 분류되는 海洋에너지자원은 몇몇 선진국가에 의해 부분적으로 實用化되어 건설·보급되었으며 이 高度의 기술을 축적하여 언젠가 닥아올 에너지波動에 대비하고 있다.

우리나라도 海洋에너지 자원개발에 있어 세계적으로 보기드문 좋은 여건을 갖

추고 있는 것으로 판명되었고 賦存量 또한 매우 높아 이 분야에 대한 研究와 投資가 지속될 경우 미래에 닥아올 에너지波動에 對應할 수 있을 것이다.

本 報告書에서는 에너지資源의 多邊化, 賦存資源의 活用이란 측면에서 技術蓄積이 시급한 海洋에너지資源의 세계적인 開發趨勢와 그 展望에 대해서 살펴보기로 한다. 本 報告書의 作成에 있어, 資料提供面에서 海洋工學研究室 同僚研究員의 많은 協助가 있었음을 附記하며 이에 感謝를 表하는 바이다.

第 2 章 世界의 에너지需要와 供給

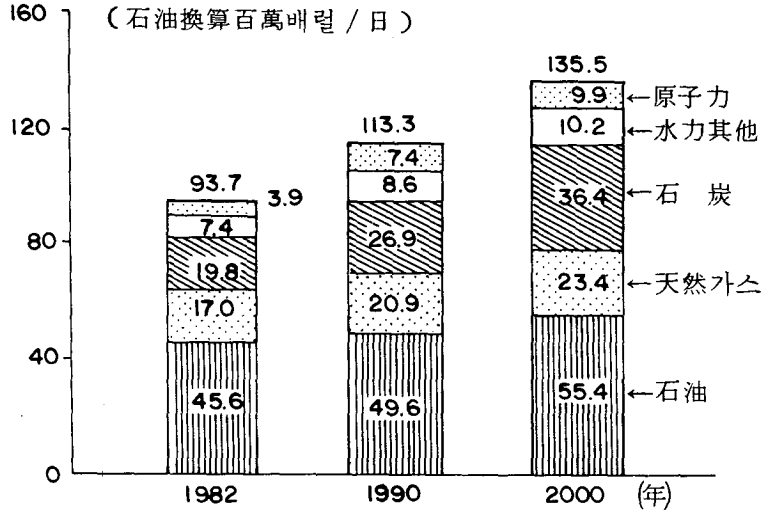
第 1 節 總 論

世界의 總에너지消費量은 文明의 진보와 함께 增加一路에 있으며, 특히 産業革命以後의 工業化社會의 급속한 진전에 따라 현저한 增加趨勢를 나타내고 있다. 同時에 이는 거의 先進工業國에 偏在되어 있는 가운데 특히 美國이나 캐나다等은 石油換算으로 1人當年間 7,000 kg 이상의 에너지를 消費하고 있는 反面, 대부분의 開發途上國家들은 선진국의 겨우 數十分의 一程度의 소비에 머물고 있는 실정이다.

1973 年에 야기된 첫번째 石油波動은 지금까지 增加一邊途였던 에너지소비에 警鐘을 울리었다. 석유위기로 인한 景氣沈滯에 의해 世界의 에너지需要는 일시적으로 低下하고 需給은 緩和되기 시작하였지만 그 後의 景氣回復에 의해 長期적인 需給의 팽박현상이 顯在化하게 되었다. 또한, 今後 發展途上國에서의 人口增加와 工業化의 진전도 예상되고 또 石油資源의 有限性도 분명치 않아 에너지 需給構造의 變革은 必至의 事實로 思料된다(Fig.2.1.1 & Fig.2.1.2 參照).

한편, 供給面에서 보면 에너지源의 中核은 최초로 木材資源에서 化石燃料인 石炭으로 그리고 다시 石油로 變遷하여 갔다. 第一의 轉換에는 産業革命이, 第二의 전환에는 內燃機關의 發達이 각각 큰 계기가 되었다. 또 최근에는 새로운 에너지로서 原子力이 등장하였는데 그 比重은 점차 높아져가고 있다. 따라서 今後 當분간은 石油, 石炭 等の 化石燃料과 原子力이 에너지供給의 主役을 이룰 것이지만 그 모두 枯渴性의 자원이며, 이들의 賦存量 혹은 利用可能量은 앞으로의 技術開發에 따라 增大할 가능성이 크지마는 現在의 상태에서 추산해 보면 數十年내지 數百年分밖에 지나지 않는다. 이와같이 物理的인 制約뿐만 아니라 석

① 에너지 需要의 展望 (除共産圏)



② 石油需要의 展望 (除共産圏)

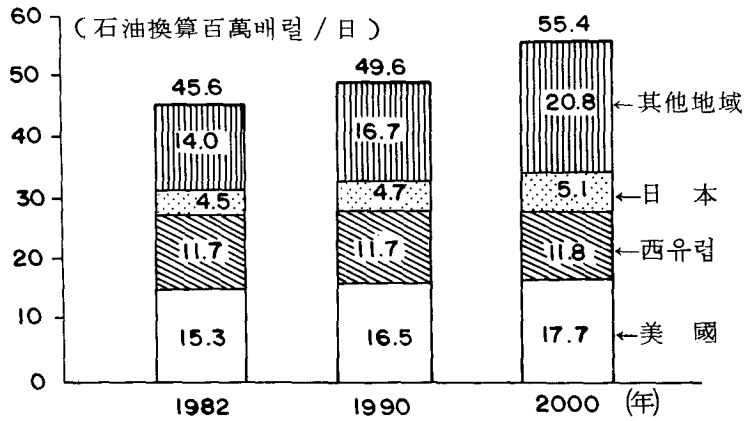
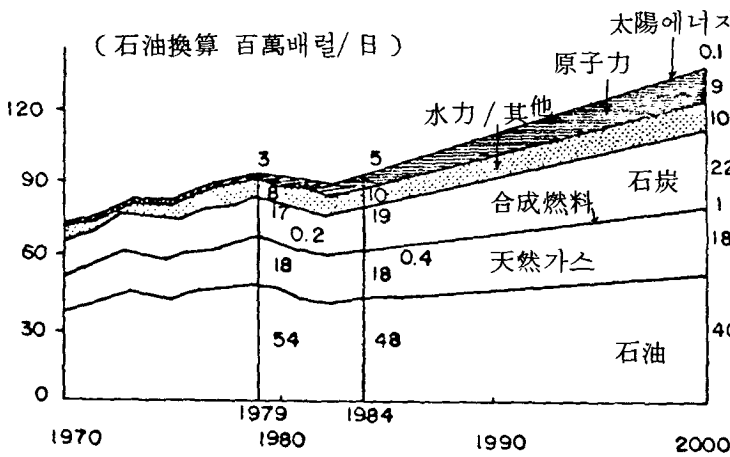


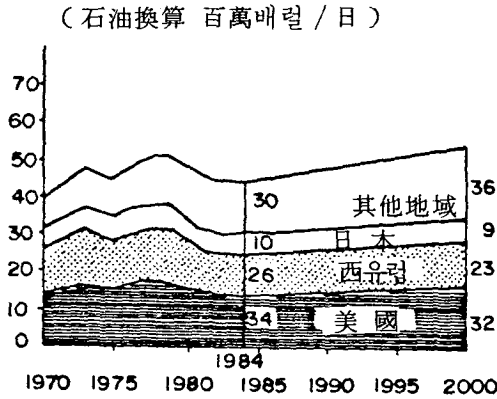
Fig. 2.1.1 World energy supply and demand outlook (1)-
Outlook of TEXACO Co. (Dec. 1983)

① 에너지 需要의 展望 (除共産圈)



	1985-2000 年の 年平均增加率
石油	1.0 %
天然가스	2.5
合成燃料	8.9
石炭	3.2
水力/其他	2.5
原子力	5.6
太陽에너지	12.1
(TOTAL)	2.2

② 石油需要의 展望 (除共産圈)



	1985-2000 年の 年平均增加率
美國	0.7 %
西 유럽	0.3
日本	0.3
其他西半球	2.0
其他東半球 및 極東	2.3
오세아니아	1.5
中 東	2.4
아프리카	2.1
(TOTAL)	1.1

Fig. 2.1.2 World energy supply and demand outlook (2)-
Outlook of CHEVRON Co. (Jun. 1985)

유에서 나타나는 가격양등, 원자력에서의 社會的 受容問題 等, 社會・經濟的인 제약들도 반드시 考慮해야 할 事項이다.

이와같이 不透明한 에너지情勢에 대처해가기 위해서는 既存 에너지資源의 有效利用은 물론 새로운 에너지를 개발함으로써 에너지源의 多樣化 및 絶對量을 확보해 둘 필요가 있다(Table 2.1.1 參照). 새로운 에너지源으로서는 타르샌드(tar sand), 오일 셰일(oil shale) 等の 石油系에너지와 太陽, 地熱, 風力, 海洋等の 自然에너지들이 現在 注目視되고 있으며 아주 長期的인 안목에서 核融合의 분야도 연구검토되고 있다.

第 2 節 主要에너지源의 將來展望

2.2.1 石油

석유는 液體라는 취급용이성, 에너지로서의 高密度 等, 에너지源으로서 탁월한 特質을 지니고 있으며, 특히 1950 年代에 中東에서 대규모의 油田이 잇달아 發見, 低廉하고 大量의 原油가 공급되기 시작한이래 世界의 에너지供給에 第 1 位를 차지하게 되었다.

1973 年の 第一次 석유파동以後 현저한 價格昂騰과 生産制限이 뒤따랐지만, 石油를 기본으로 한 産業構造・社會構造는 쉽사리 변혁될 수 없다는 점도 있어 당분간은 가장 중요한 에너지源의 위치를 유지할 것으로 思料된다. 石油資源은 中東에 약 60%가 偏在하여 부존하고 있고 또 北海油田, 알라스카油田 等 새로운 油田의 개발도 활발히 이루어지고 있지만, 近年에 들어서는 新規發見量이 生産量을 밀돌고 있어 長期的으로 불매 需給의 罅박을 면치 못할 것으로 思料된다.

2.2.2 天然가스

천연가스는 地域的인 偏在가 적고 또 연료로서의 잇점도 크기 때문에 過渡期時에 石油代替에너지로서 기대되고 있지만, 資源面에서 제약이 다르므로 에

Table 2.1.1.1 World reserves of energy resources

	石	油	天然 가스	石	Oil Sand & Oil Shale	우	라	급
究 極 埋 藏 量 (註1)	2兆배럴 自由世界 共産圈	1.5 0.5	142~170兆㎥	11兆톤 이中 高品位炭 7.8톤	오일샌드 16,000 億배럴 오일셰일 55,000 億배럴 (註4)	不	不	評
確 認 可 採 埋 藏 量 (註2)	82年1月 6,707 億배럴 自由世界 5,849 共産圈 858	82年1月 82兆㎥ 自由世界 49 共産圈 34	6,400 億톤中 高品位炭 4,880 億톤 自由世界 2,550 共産圈 2,330	—	79年1月 259 萬톤 \$ 30/1b以下 185 萬톤 \$ 30-\$50/1b以下 74 萬톤			
地 域	美 5.5%	9.9%	高品位炭 22.4%	74.0%	36.4%			
南	12.7	6.0	0.5	21.1	4.2			
中	3.7	5.2	14.4		17.3			
西	54.1	26.2	-		0.2			
歐	2.9	4.4	8.2	4.9	12.0			
賦 存	8.4	7.3	6.7		29.9			
亞 細 亞	12.7	41.0	47.8		不 評			
中 國								
年 生 産 量 (註2)	81年 204 億배럴 自由世界 151 共産圈 53	80年 168 百億㎥ 自由世界 107 共産圈 61	78年(高品位炭) 24.9 億톤 自由世界 11.3 共産圈 13.6	少	78年 33,900 톤			
可 採 年 數 (R/P)	81年 全世界 33年 自由世界 39年 共産圈 16年	80年 全世界 47年 自由世界 44年 共産圈 53年	高品位炭 全世界 195年 自由世界 225年 共産圈 170年	大	76年			
石 油 換 算 量 (註3)	952	735	3,410					
註 1	Moody(1975)	Weeks	世界에너지 會議(80年)	Encyclopedia of Energy 等				
註 2	Oil & Gas Journal	Oil & Gas Journal						
註 3	確 認 可 採 埋 藏 量 石 油 換 算 表 示 하 였 음.							
註 4	오일샌드, 오일셰일은 原始埋藏量(단, 確 認 된 것) 임.							

너지全體에서 차지하는 比重은 低下할 것으로 思料된다.

2.2.3 石 炭

石炭은 석유의 台頭와 함께 에너지全體에서 차지하는 비율은 대폭 低下하였지만 석유파동以後 다시금 脚光을 받고 있다. 석유, 천연가스 等の 流體 燃料에 비해 固體라는 結점이 있고 또 生産을 위해 勞動力과 資本의 投入이 필요하다는 제약이 다르지만 埋藏量은 석유보다 월등히 많고 또 世界各處에 均등히 分布되어 있는 가운데 生産國의 政情도 비교적 安定하다는 점은 큰 잇점이다. 따라서 석탄의 再開發을 강력히 추진하고 있고 또 利用擴大를 위한 石炭液 化, COM化等의 기술개발도 行해지고 있으나, 이들 新技術의 개발성과에 의해 石油와 同 等以上の 經濟性을 갖추기 까지는 상당한 기간이 要할 것으로 思料된다.

2.2.4 原子力

원자력 발전은 1950年代에 實用化된 새로운 에너지로서 1981年 12月 現在, 全世界中에 總 266基가 운전중에 있다. 원자력은 무엇보다도 經濟性이 우 월하다는 것 외에도 輸送·備蓄이 용이하다는 잇점을 갖고 있다. 反面, 安全性에 關해 社會的 consensus를 구하기 힘들다는 점이 今後의 制約條件의 하나로 서 남을 가능성이 있다.

技術的인 면에서, 輕水爐는 완벽한 域에 달하고 있으며 高速增殖爐를 포함한 여러가지 爐型式에 關해서도 研究개발중에 있다. 또한 장기적으로 人類究極의 에너지로 일컬어지는 核融合의 研究도 추진중에 있으나 이의 實用化는 21世紀以 後가 될 것이다.

2.2.5 tar sand 및 oil shale

타르 샌드의 埋藏量은 캐나다, 베네주엘라를 중심으로 約1.6兆 배럴 以上으로 추정되고 있으며 이는 石油의 매장량에 匹敵하는 규모이다. 현재상태

에서는 거의 이용되지 않고 있으나, 今後 본격적인 이용을 위해서는 採油, 精製 技術의 개발, 環境問題의 해결 등이 先決되어야 한다. 한편, 오일 셰일은 전부가 大陸에 분포하고 있으며 資源量은 2.1 兆배럴로 추정하고 있다. 採掘面에서 技術的인 문제는 없지만 채굴코스트, 환경문제, 灰의 處理 等の 문제가 남아 있다. 以上과 같이 兩者모두 그의 活用을 위해서는 今後의 技術開發에 의존하는 바가 크지만 石油를 直接代替할 수 있다는 잇점을 갖고 있어 선진국을 중심으로 技術개발, 자원개발이 활발히 이루어지고 있다.

2.2.6 再生可能自然에너지

太陽, 地熱, 海洋, 風力 等の 再生可能한 自然에너지는 燃料費가 불필요하며 오염문제가 없는 클린에너지라는 특징을 지니고 있다. 그러나 이들은 일반적으로 에너지密度가 낮고 또 氣候, 季節等の 自然條件에 좌우되며 地域에 따라 큰 差異를 나타내는 등, 實用化에 앞서 해결해야 할 課題는 많다. 따라서 가까운 時日內에 에너지供給의 主力으로 될 전망은 없으나, 그 一部는 로칼에너지 (rocal energy)의 형태로 補助的으로 이용되는 상태가 지속할 것으로 思料된다.

第 3 章 海洋과 에너지

第 1 節 海洋에너지의 資源量

해양에너지를論하기 위해서는 우선 그의 起源인 太陽에너지에 대해서 言及해야 할 것이다. 太陽의 放射에너지는 地球의 大氣圈外側에서 太陽光과 垂直한 面을 取해 계산하여 보면 $1,353\text{KW}/\text{m}^2$ 의 규모로 되며, 이를 太陽定數 (solar constant)라고 부르고 있다. 太陽定數에 地球의 斷面積을 곱하면 $173 \times 10^{12}\text{KW}$ 로 되는데, 이 數字는 地球에 도달하여 얻을수 있는 태양에너지의 總量을 나타낸다. 이 거대한 에너지는 대기권밖에서 얻어진 太陽光에너지로서, 이 전체가 地表面이나 海表面까지 도달할 수 있다는 것을 의미하지는 않는다. 다시말해 太陽光은 海表面이나 地表面을 포함한 대기권내부에서 反射와 吸收의 諸過程을 반복하게 된다.

Fig.3.1.1 에 大氣圈內部에서의 최종적인 태양에너지의 配分狀態가 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 大氣圈外側에 도달한 태양에너지의 약 30%는 大氣中에서의 散亂이나 구름에 의한 反射, 또한 海面이나 地表面에서의 反射가 追加되어 太陽光과 同一한 스펙트럼을 갖고 宇宙空間으로 되돌아간다. 이를 長波長과 유사한 波長스펙트럼을 갖고 있는 지구로부터의 熱放射와 구분하여 短波長反射波라 부르고 있다. 나머지 70%는 대기권내에서 吸收되어 여러형태의 에너지로 변환되지만 最終에너지형태로는 크게 風, 波浪, 海流, 降水 等の 流體系의 運動에너지와 大氣나 陸地 혹은 海洋의 表層水에 貯藏된 熱에너지로 나뉘지고 있다. 前者의 에너지는 全體의 23%를 차지, 風力, 波力, 海流, 鹽分濃度差發電 等으로 이용되며, 後者 즉 熱部分은 47%로 크지만 溫度가 낮아 効率的인 이용은 어렵다. 그러나 이는 蓄積된 에너지이기 때문에 自然에너지중에서 비교적 안정하다는 사실에 잇점이 있어 海洋溫度差發電에 기대가 모아지고 있다.

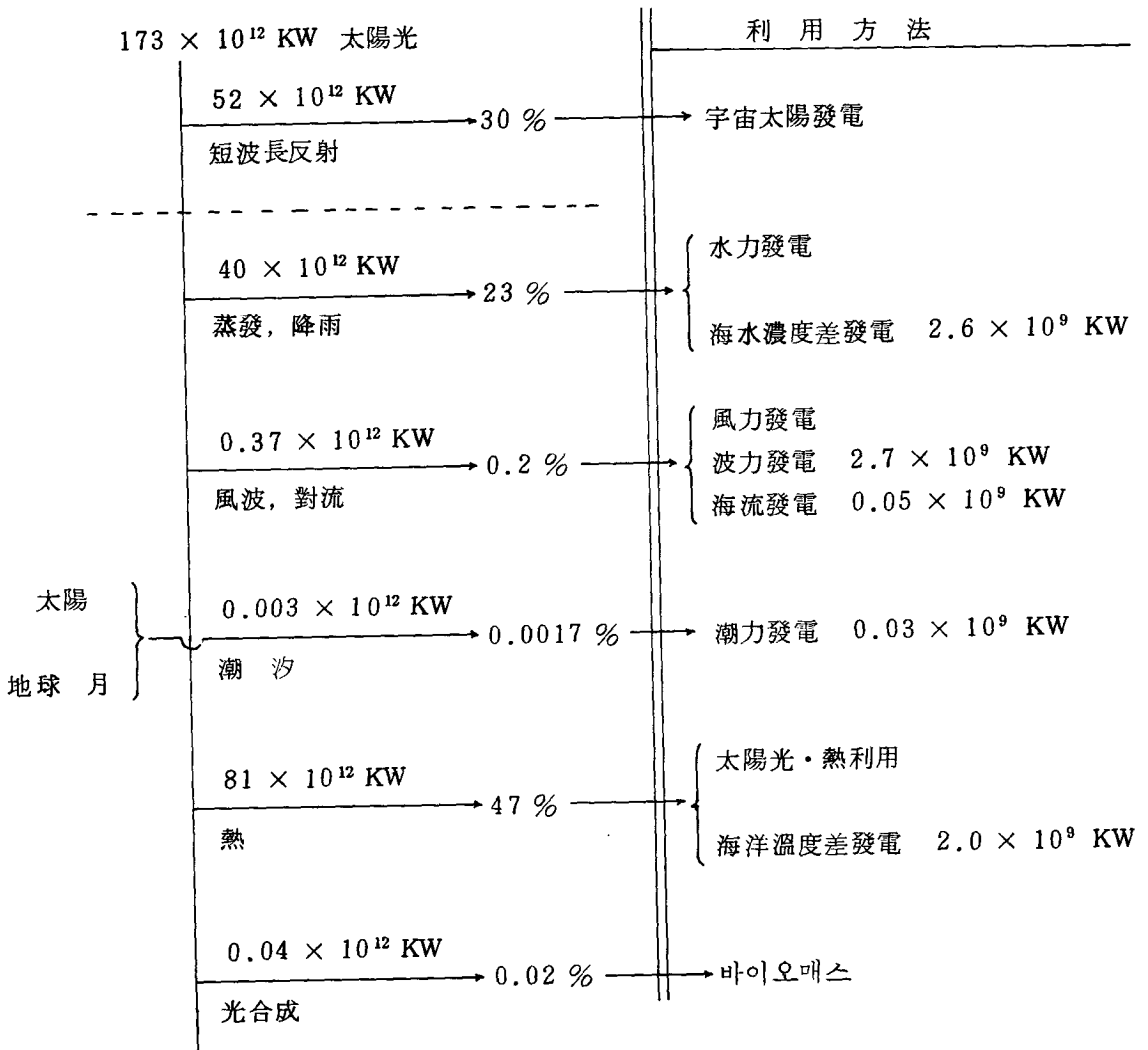


Fig. 3.1.1 Distribution of solar energy on the earth

해양에너지의 資源量에 대해서는 여러 學者들에 의해 推定値가 발표된바 있다. 앞서의 Fig.3.1.1에 나타난 最大潛在資源量은 대기권내에서 여러형태로 변환된 太陽에너지중 海洋에 존재하는 에너지部分을 나타낸 것으로, 風力, 波力, 海流 등의 力學的에너지에 비해 海洋溫度差의 熱에너지, 鹽分濃度差의 物理化學에너지가 훨씬 큰 값을 갖고 있다. 일반적으로 海洋에너지뿐만 아니라 自然에너지의 利用可能量을 평가한다는 것은 매우 어렵다. 왜냐하면 賦存量이 아닌 自然에 의한 供給力을 問題視하지 않으면 안되기 때문이다. 다시말해 最大利用可能量이란 自然의 平衡條件을 維持한 가운데 人工적으로 추출해 낼수 있는 에너지의 最大値를 말하며 실질적으로 備蓄되어 있는 에너지량과는 다른 값이다.

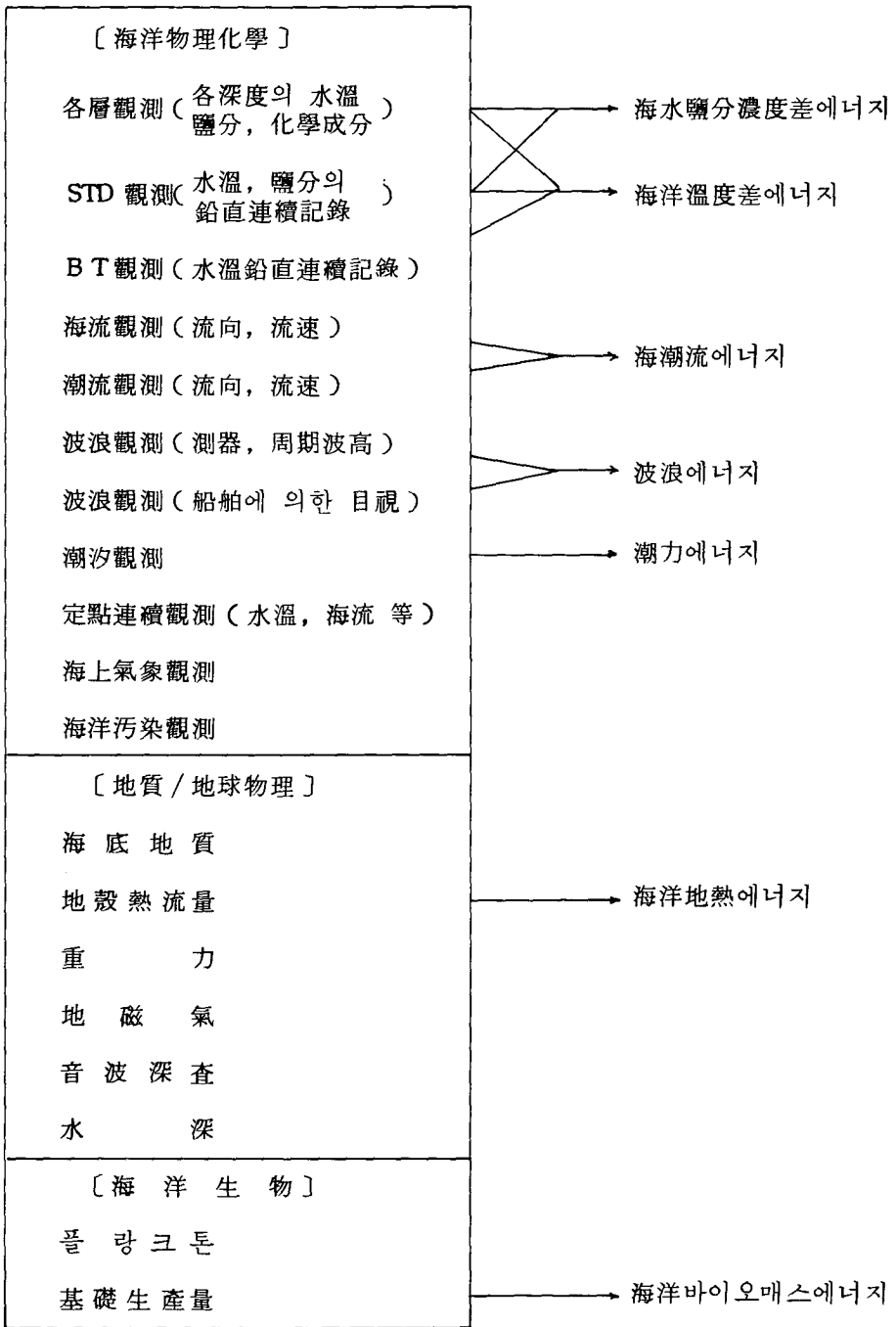
今後 海洋에너지資源量의 精確한 定量的 評價를 위해서는 環境影響評價 手法의 確立이 前提로 되며, 이를 위해서는 大氣와 海洋을 포함한 自然環境의 모델化가 完成되어야 하는데, 이것은今後 해결해야 할 주요 연구과제중의 하나이다.

第 2 節 海洋에너지의 調査

各種 해양에너지의 賦存量을 파악하거나 利用技術을 개발해 가기 위해서는 海洋의 物理的, 化學的 및 生物學的 諸性質의 기초데이터가 필요하다. 現在, 일반적으로 행해지고 있는 海洋觀測을 통해 取得되고 있는 데이터는 Table 3.2.1 과 같다. 이들 中, 直接 해양에너지 評價에 필요한 資料로서는 海水溫度의 鉛直方向分布(海洋溫度差), 海水鹽分濃度の 立體分布(海水濃度差), 波浪(波力), 潮位差(潮力), 流速(潮流), 生物基礎生産量(바이오매스) 등이 있지만, 그밖에 日射量, 降水量, 河川水의 流入量, 氣壓變動이나 바람, 氣溫, 海底地形, 地質에 관한 데이터도 필요하다.

이와같은 自然條件外에도 에너지의 利用技術이나 環境影響評價의 면에서 에너지需要, 海上交通, 水產資源이나 漁業, 레저, 産業 등 인간활동과 관련된 데이터

Table 3.2.1 Oceanic observation items and their details



도 필요할 것이다.

해양에 관한 데이터를 入手, 取得할 수 있는 방법으로는 다음 3 가지 종류가 있다.

첫째, 公的機關(WMO, IOC, 各政府機關)保管의 데이터나 刊行物利用

둘째, 해당 海域에서의 直接測定

셋째, 現存의 關聯데이터로부터 推算, 예를 들면 風速資料로부터 波浪을 예측하는 方法

以下에서는 이들의 手法에 關係 概說하기로 한다.

(1) 公的機關이 管理 혹은 出刊한 데이터의 利用

全世界의 방대한 海域데이터를 1 個國만으로 管理하기는 곤란하므로 各國에서 취득한 데이터를 國際적으로 교환하는 시스템이 WMO와 IOC의 협력에 의해 成立, 現在 약 40 個國以上이 이에 參與하고 있으며 앞으로 더욱 擴大될 推산이다.

海潮流, 海水溫, 鹽分度, 波浪, 海底地形等은 이미 刊行된 各國의 報告書 入手를 통하여 해당해역의 海洋에너지 利用可能性을 개략적으로 파악할 수가 있다.

(2) 特定海域의 調査

海洋에너지利用의 構造物이 설치될 海域의 데이터에 關係서는 그 부근에 定置된 觀測點이 존재하면 이를 利用할 수가 있지만 없을 경우에는 該當海域의 관측을 반드시 실시하여야 하나 既存데이터를 가능한 많이 利用하여 測定項目을 최소화함이 좋다.

調査方法으로는 海底에다 계류하는 부이式, 海底에 着底시키는 앵커式, 觀測船에 의한 方式 등이 있다. 沿岸波浪이나 潮位와 같이 海底 또는 海岸에 센서를 직접 定置하는 方法도 있다. 海流나 海水溫度差와 같이 深海域에서의 측정을 필요로 하는 것은 부이式 혹은 船舶에 의한 방식이 채택되고 있다.

測定期間은 最低 1 年間의 데이터로 海洋에너지 및 海洋環境의 개요를 파악한

뒤 다시금 觀測을 계속하여 長期變動을 조사하거나 구조물의 設計條件의 결정時에 이용하며, 구조물이 설치된 뒤에도 구조물의 性能과 병행하여 海洋環境의 데이터를 축적함은 두말할 여지없다. 따라서 觀測시스템(機器, 支持構造, 데이터 傳送이나 電源供給)은 海象條件이 혹독한 季節을 포함하여 장기간의 運用에 견디어야 하며 아울러 保守管理도 용이하여야 한다.

오늘날 海洋觀測의 手法이나 觀測機器도 상당 진보하여 規格化, 標準化되어 있어 이를 이용하면 좋다.

(3) 海洋데이터의 豫測

資料가 충분치 못한 해양데이터를 자료가 정비되어 있는 他 海洋데이터로부터 推算하는 方法이다. 예를들어 氣壓의 자료로부터 風場을, 다시금 이의 風場을 이용하여 波浪을 추산하는 경우나 또는 海水溫度로부터 海水運動을 추산하는 경우 등, 數値시뮬레이션에 의한 手法을 말한다. 이 數値시뮬레이션에 있어 波浪분야는 이미 波浪豫報를 위해 實用化되어 있으며 其他 해양데이터에 관해서는 아직 연구단계에 머물고 있다.

以上과 같이, 海洋에너지 이용개발과 관련하여 해양데이터의 現狀과 그 調査全般에 관해서 概說하였지만, 요컨대 海洋에너지의 利用은 넓은 의미에서의 海洋空間 利用의 一部라고 간주해 에너지와 직접 관계되는 데이터는 물론 그 외에도 海洋環境데이터가 필요하다는 점을 認識해야 할 것이다.

第3節 海洋에너지의 特性和 利用上の 問題點

海洋에너지資源은 달과 지구등의 작용에 의해서 생긴 天然資源으로서 고갈될 염려가 전혀 없고 일단 개발만 된다면 太陽系가 존속하는 한 人類의 에너지需要를 충족시키고도 남을 것이며 汚染問題를 야기치 않는 無公害의 淸淨에너지라는 점 등, 여러 특징을 지니고 있다. 따라서 世界各國은 自國內의 賦存海洋에너지

자원을 개발하여 에너지源으로 확보코져 부심하고 있으며, 潮力, 波力, 海洋溫度差와 같은 海洋에너지자원은 몇몇 國家들에 의해 부분적으로 實用化되고 있다. (Table 3.3.1 參照). 그러나 실제 이의 開發上에 있어서는 여러 어려운 問題點을 안고 있으며 이중 몇가지를 열거하면 다음과 같다.

첫째, 海洋에너지는 그 에너지密度가 매우 낮다는 점이다. 火力, 原子力發電所에서는 發電機 1基當 數 10萬 KW 급의 발전이 가능하지만, 海洋에너지도 이 만큼의 出力을 얻기 위해서는 大容量을 필요로 하며 裝置도 어마어마하게 커질 것이다. 따라서 既存發電所와 비교하여 海洋에너지의 發電單價는 다소 높은 편이다.

둘째, 海洋에너지와 같은 自然에너지는 그 出力이 변동할 우려가 있다. 波力發電에 있어 入射하는 파랑에너지에 따라 그 出力이 변동할 것이라는 사실은 쉽게 理解가 되며, 溫度差發電에 있어서도 季節에 따라 海水面의 水溫이 변화하여 出力이 변할 뿐만 아니라 高溫源과 低溫源의 溫度差가 너무 작아져버려 發電이 不可能하게 될 우려도 없지 않다.

셋째, 海洋에너지發電에 있어서 沿岸設置의 波力發電 以外에는 그 얻어진 電力을 어떻게 사용할 것인가가 문제로 된다. 大電力을 송전하는 海底케이블의 가격은 비싸기 때문에 陸地에서 멀리 떨어진 溫度差 혹은 海流發電에서는 그 電氣로 海水를 전기분해하여 水素를 제조해 액체수소의 형태로 陸地에 수송한다는 착상이 검토되고 있다.

그밖에 海洋энер지를 개발함에 있어서는 高度의 科學技術과 資金確保問題 그리고 環境保護등 自然生態學的인 문제들이 先決돼야 할 것이다. 다시말해 經濟的인 측면에서 價格의 低廉化(Minimum Price), 環境的 측면에서 生態界에의 影響極小化(Minimum Impact on the Environment), 利用面에 있어서 安定성과 信賴性的의 極大化(Maximum Security and Reliability)를 꾀해야 할 것이다.

Table 3.3.1 Unconventional energy potential from marine origin
(power dissipation rates)

Type	Theoretical powers commonly found in the literature	Possible technical date	Possible social date
Thermal gradients(OTEC)	$40,000 \times 10^6$ MW	1990	2010
Salinity gradients	$1,400 \times 10^6$ MW	2000	2050
Marine bioconversion	10×10^6 MW	1985-1990	2000
Marine currents	5×10^6 MW	1990	2020
Tides	3×10^6 MW	1977	1990
Ocean Waves	2.5×10^6 MW	1985	1995
Offshore winds	20×10^6 MW	1985	1955

第 4 章 潮 力 發 電

第 1 節 資 源 量 과 立 地 條 件

潮汐運動의 總에너지量에 대해서는 여러學者가 발표한 바 있으며, Griffin 은 10^9 KW, Von Arx 는 10^7 KW, 日本 海洋開發審議會의 資料에서는 2.9×10^9 KW 로 주장하고 있다. 이中 이용가능한 에너지를 1~2% 정도로 보면 $3 \sim 6 \times 10^7$ KW 에 불과해, 이는 人類의 現 에너지消費量 10^{10} KW에 비교하면 小量이라 할 수 있다.

潮汐運動이 갖고 있는 位置에너지는 아래式에 의해 概略적으로 推算할 수가 있다. 潮汐-사이클當 (6.2 時間)에 대해 고려하면

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{A \cdot m \cdot g \int_0^H h \, dh}{T} \\
 &= \frac{\frac{1}{2} \times 1.03 \times 9.8 \times H^2 \times (A \times 10^6)}{60 \times 60 \times 6.2} \\
 &= 226 AH^2 \text{ (KW)}
 \end{aligned}$$

$\left\{ \begin{array}{l} A : \text{潮池面積 (cm}^2\text{)} \\ H : \text{潮 差 (m)} \\ h : \text{水 頭 (m)} \\ g : \text{重力加速度 (m/sec}^2\text{)} \\ m : \text{海水의 重量} \\ T : \text{潮汐의 周期 (sec)} \end{array} \right.$

年間總에너지量은

$$\begin{aligned}
 W &= E \times 365 \times 24 \\
 &\approx 2.0 AH^2 \text{ (GWh)}
 \end{aligned}$$

潮汐에너지는 Fig.4.1.1 에서 보는 바와 같이 世界곳곳에 偏在한 가운데 아시아 에서는 한국, 인도, 중공을 비롯하여 호주, 영국, 프랑스, 캐나다, 미국, 아르헨티나, 브라질等 大西洋 沿岸國家들이 그 개발가능이 큰 것으로 나타났다. 지금 까지 妥當性檢討가 실시된 世界 主要潮力地點의 年間發電量과 平均出力의 例가 Table 4.1.1 에 제시되어 있다.

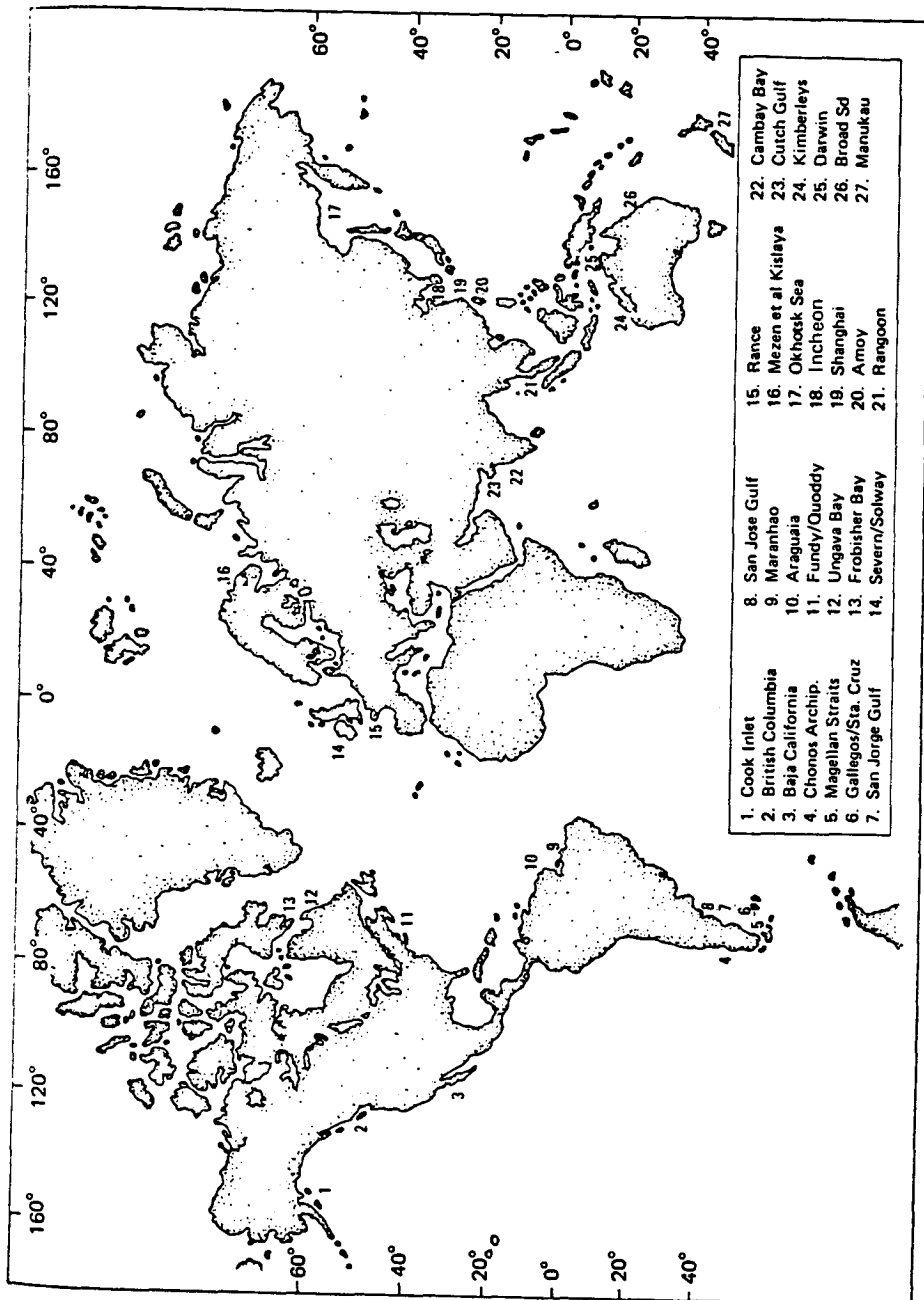


Fig. 4.1.1

Major tidal power plant sites

Table 4.1.1 Selected potential tidal power sites

Location and/or name	Country	Estimated Potential Capacity	Estimated Average Annual Output	Approx. Mean Tidal Range m
		MW	GWh	
La Rance (St. Malo)	France	240	500	8.5
Kislaya Guba (Murmansk)	USSR	0.8	**	3.9
Annapolis	Canada	20	50	6.4
Cook Inlet	USA		6,000	11.5
Knick Arm				
Turnagain Arm				12,500
Passamaquoddy	USA/Canada	300*	1,843	5.5
Cobscook	USA	250	**	8.5
Minas Basin(B9)	Canada	4,028	12,653	12.3
Cumberland Basin(A 8)	Canada	1,147	3,423	9.9
Severn Estuary	U.K.	4,560 (7,000)*	9,350 (13,600)	8.5
Iles Chausey (Cotentin Penin.)	France	15,000	50,000	8.0
		6,000	34,000	8.1
San Jose (Valdez Penin)	Argentina	6,800	75,000	6.0
Gulf of Mezen	USSR	157,000	450,000	6.5
Secure Bay	Australia	570	1,650	7.0
Gulf of Cambay	India	5,500	11,500	7.0
Garolim Bay	Korea	480	893	4.8

* Double-basin scheme

** Data not available

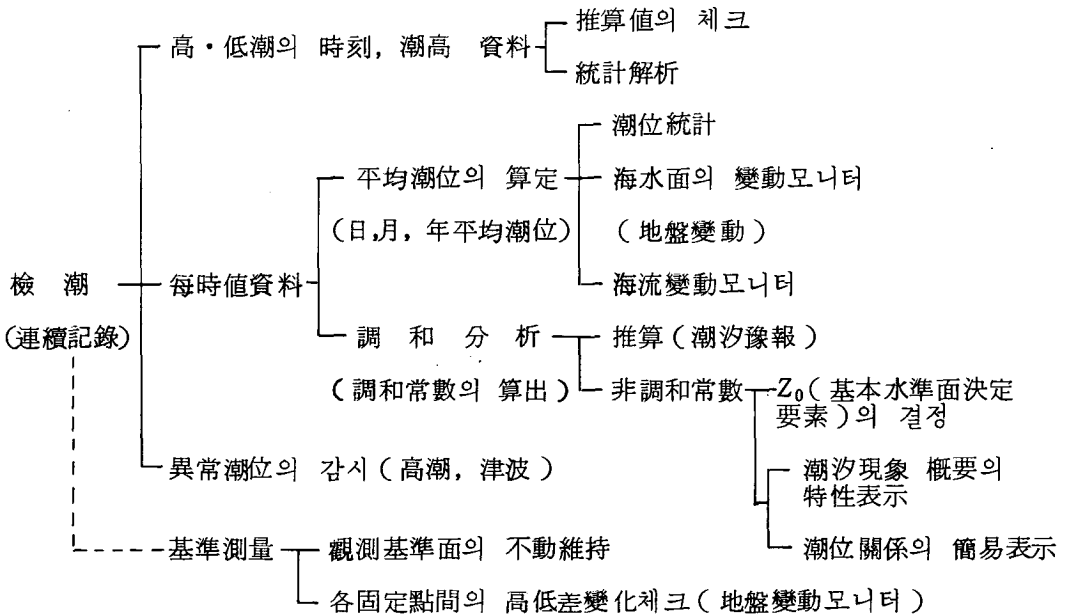
한편, 潮力發電은 대체로 平均潮差가 5 m以上이면 경제성있는 조력개발이 가능하며 立地的으로는 閉鎖된 灣이어야 하며 海底의 地盤이 強固하고 또 送電距離가 가능한 짧은것 등의 조건을 갖추어야 한다.

第 2 節 計測의 項目과 技術

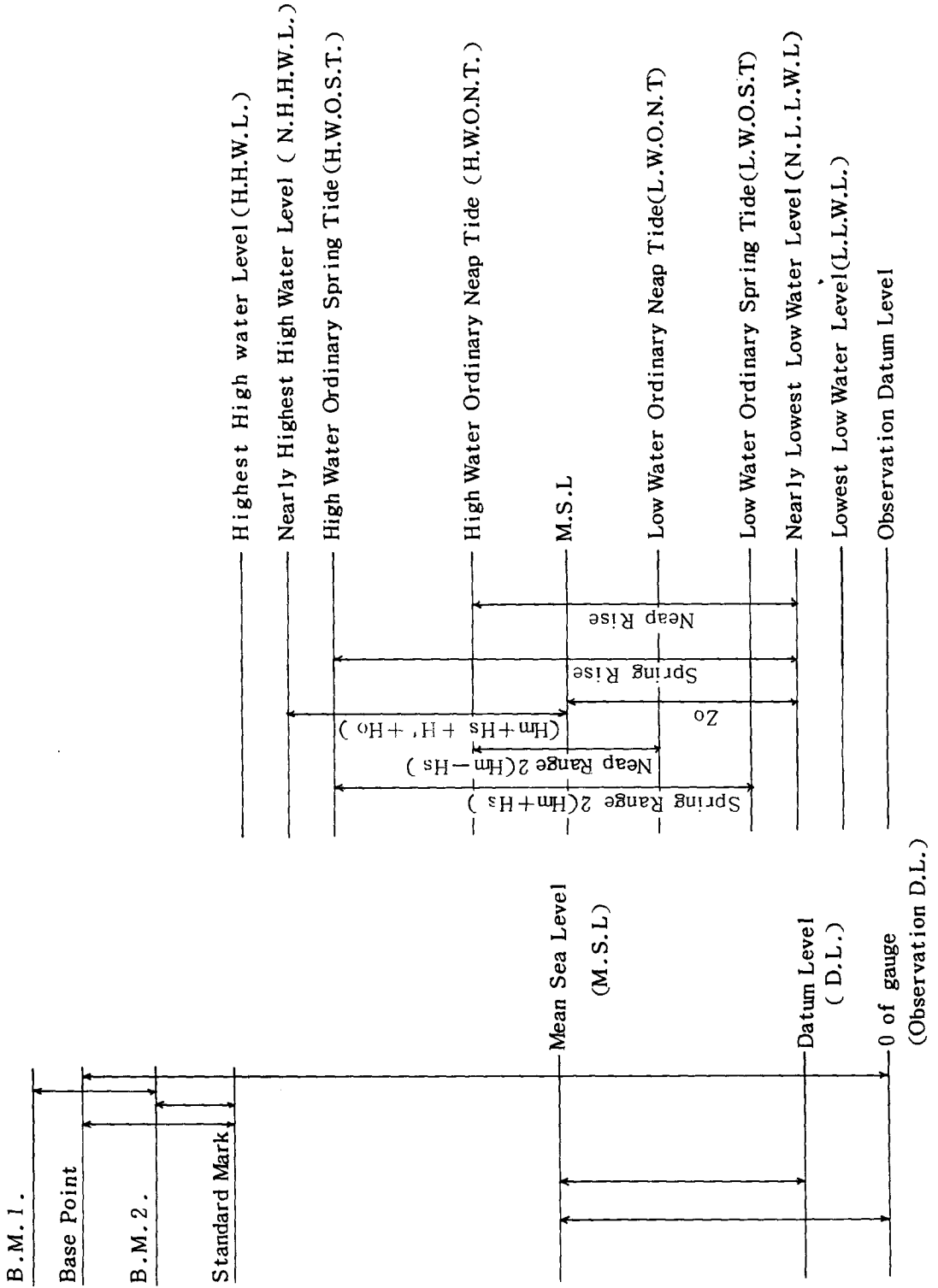
4.2.1 潮汐計測項目

海洋에서 일어나는 대부분의 현상들은 海水의 流動과 직접적인 연관을 갖는 것으로 海水流動의 기본인 潮汐과 潮流의 정확한 파악은 해양분야의 연구에 있어 가장 근본적으로 실시되어야 할 사항이다. 특히 西海岸과 같이 潮差가 큰 海域에서 潮力資源의 활발한 이용을 위해서는 아래와 같은 潮汐의 項目들이 計測되어야 할 것이다.

Table 4.2.1 Items of tide measurement



觀測資料로부터 계산된 平均海面과 調和常數를 이용하여 필요한 各種 海面들이 결정된다. Fig.4.2.1은 우리나라에서 자주 쓰이는 海面들에 대한 설명이다.



Relationship between various tide levels

Fig. 4.2.1

4.2.2 觀測技術

潮汐觀測은 그 목적과 자료의 用途 및 分析方法에 따라 관측내용이 달라지며 관측방법은 일반적으로 固定檢潮所 (Permanent)와 簡易移動型檢潮 (Portable)로 大別된다. 各種 海面의 精確한 算定을 위해서는 고정검조소를 설치하여 장기간의 連續觀測이 필요할 것이나 이미 基準面이 산정되어 있는 곳에서 潮汐의 解明用이나 測深에 대한 潮汐補正用으로 이용할 경우에는 簡易移動型으로도 足할 수 있다.

고정검조소란 Fig.4.2.2에서 보는 바와 같이 陸上 혹은 海中에 우물통을 만들어 導水管 또는 導水孔에 의해 우물통內의 水面과 海面이 항시 同一한 높이를 유지토록 해, 이 우물통內에 浮子를 띄워 海面의 昇降에 따라 上下하는 현상을 檢潮器에 기록시키는 것이다. 검조기로는 플로트式과 水壓式이 있는데 플로트式은 海面에 띄운 플로트가 海面의 變化에 따라 昇降하면 機械的 傳達裝置를 통해 시계에 의해 一定速度로 회전하는 드럼에 감겨진 記錄紙上에 기록펜을 움직여 潮位曲線을 기록한다. 이 플로트식은 비교적 感度, 精度 모두 우수하여 오늘날까지 사용되며 후스형 (Fuess type), 켈빈형 (Kelvin type), 리처드형 (Richard type)이 있다. 플로트式은 波浪의 影響을 피하기 위해 특별한 構造物이 필요하여 설치비가 많이 든다는 缺點이 있다.

한편 簡易移動型 檢潮器로는 水壓式이 있는데 그 代表的인 것은 本田형으로 海面의 昇降에 따른 水壓變化가 海저에 설치된 U字管內로 전달되어 潮位曲線을 기록하는 것이다. 이는 플로트식과 달리 特殊施設의 설치가 불필요하여 간편하나 導管을 사용해야 하므로 設置場所가 제한을 받는 경우가 많다. 최근에는 水壓變化를 電氣變化로 변환시키는 壓力센서를 이용하여 磁氣테이프에 기록하는 磁氣테이프記錄式 檢潮器도 등장하였다 (Photo.4.2.1 參照). 이것은 검조기에 내장된 磁氣테이프에 水壓變化를 디지털信號로 기록하는 方式으로 한번 설치하여 장기간의 精確한 潮汐資料를 얻을 수 있다. 이때 回收한 테이프에 기록된 資料를

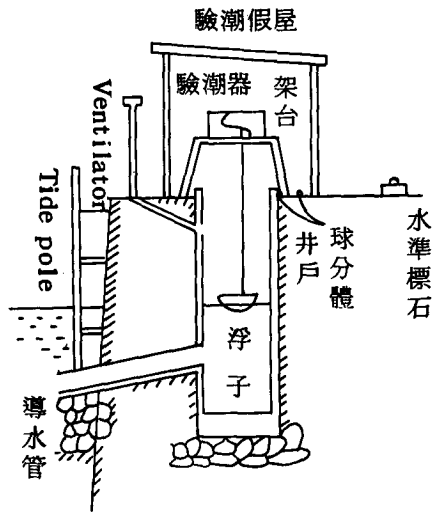


Fig. 4.2.2 Permanent tide gauge

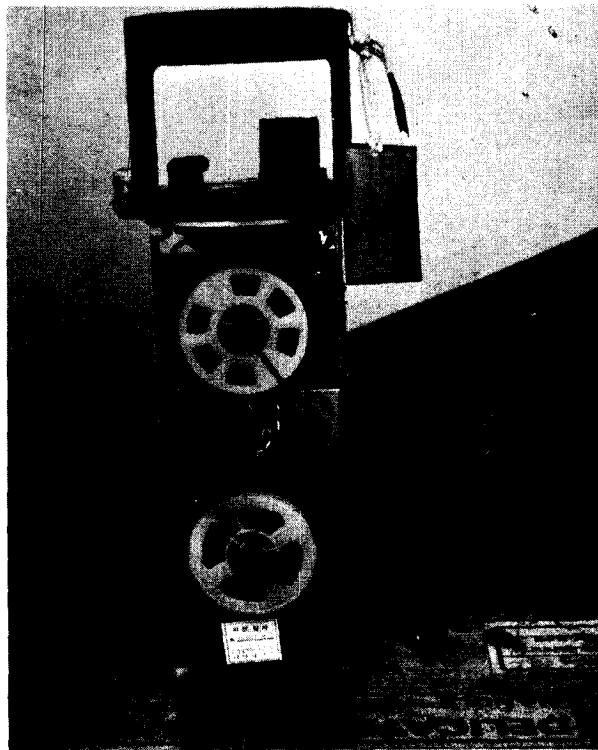


Photo. 4.2.1 Aanderaa water level recorder (WLR-5)

처리하기 위해 特殊한 테이프判讀機(tape reader)로 테이프를 電算機에 入力하는 潮汐資料處理시스템이 이용되고 있다. 이 磁氣테이프記錄式 檢潮器는 매우 안정된 高精密성과 設置, 回收의 편리성으로 인하여 短期間 관측용으로 많이 이용되고 있다.

第 3 節 潮汐資料의 取扱狀況

世界各國의 潮汐에 관한 자료취급은 國際水路協會(International Hydrographic Organization)傘下에 Tidal Constitution Bank가 1978년 1월에 정식발족되어 모든 조석업무를 취급하고 있으며, 현재 이 Bank는 I.H.O代身에 캐나다의 水路局이 운용을 하고 있다.

1981년 5월現在, 세계 각국에서 取得된 潮汐 調和常數의 國別分類는 Table 4.3.1 및 Fig.4.3.1 과 같다. 만일 世界 어느곳의 자료가 필요하여 International Hydrographic Bureau(I.H.B)에 요구하게 되면 캐나다水路局(캐나다海洋資料센터)에서 직접 送付해 주며 入手에 따른 手數料는 지불해야 한다.

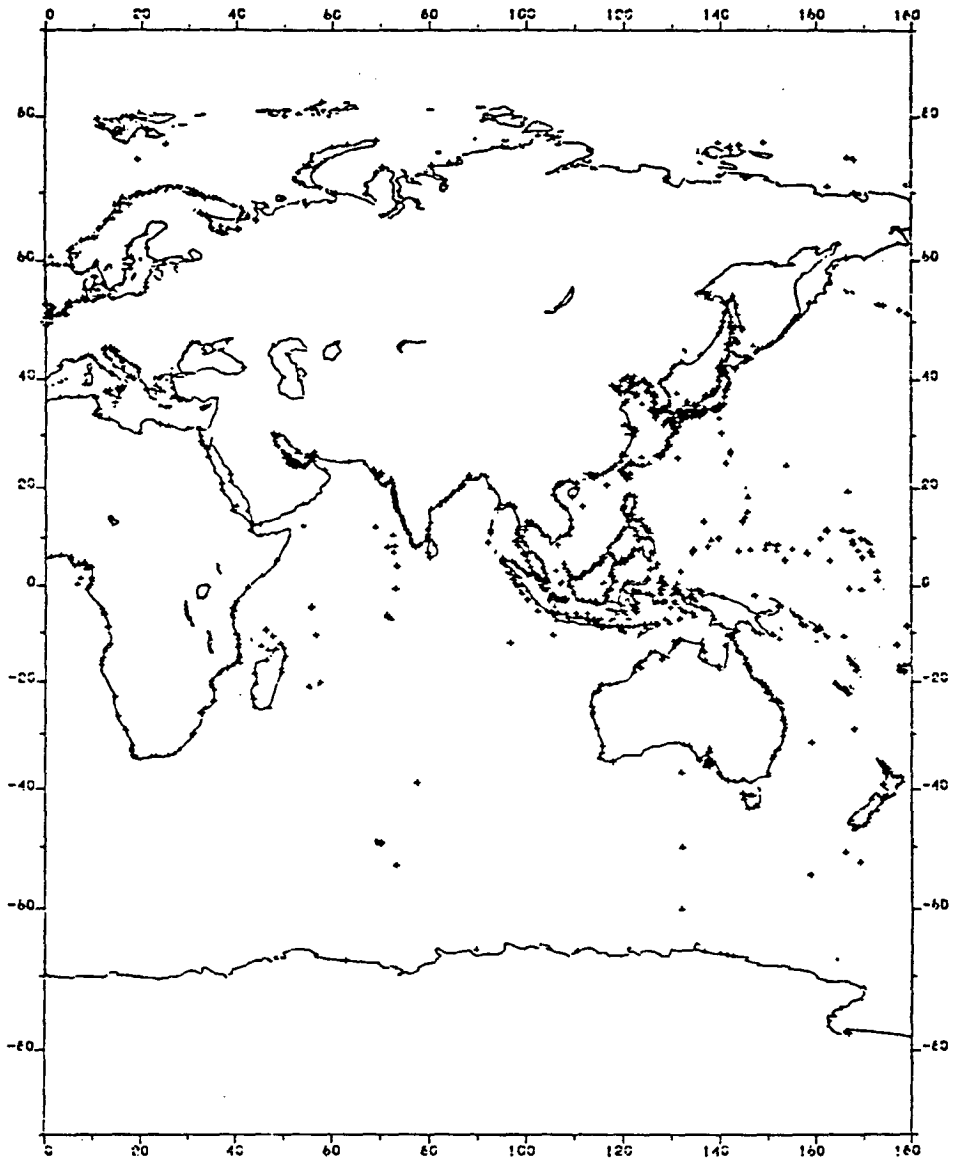
우리나라의 경우, 조석관측은 交通部 水路局의 주관下에 全國 17個所에서 실시 운영되고 있으며 日本은 運輸省傘下 海上保安廳 水路部에서 업무를 관장하고 있다. 參考로 I.H.B의 住所는 다음과 같다.

International Hydrographic Bureau

B.P. 345 - 7, Avenue Pr'ésident J.F. Kennedy MC MONACO

Table 4.3.1 Number of ports for which harmonic constants are available

Number of ports for which harmonic constants are available, sorted by countries					
<u>Asia</u>					
China	124	Lebanon	1	Ghana	3
North Korea	45	Syria	1	Ivory Coast	1
Rep. of Korea	97	Turkey	2	Liberia	1
Japan	442	Cyprus	8	Sierra Leone	2
Philippines	69	<u>Africa</u>	2	Guinea	2
Vietnam	23	Egypt	2	Guinea Bissau	21
Cambodia	3	Sudan	2	Senegal	7
Thailand	24	Ethiopia	3	Gambia	1
Burma	12	Djibouti	4	Mauritania	1
Malaysia	72	Somalia	3	Cape Verde Islands	1
Singapore	16	Kenya	4	Morocco	11
Indonesia	337	Tanzania	3	Algeria	2
Bangladesh	2	Mo zambique	5	Tunisia	8
India	121	Madagascar	21	Libya	3
Sri Lanka	5	Comoro Islands	13	<u>Europe</u>	
Maldives	4	Mauritius	2	Greece	6
Pakistan	2	Seychelles	3	Albania	2
Iran	17	South Africa	20	Yugoslavia	16
Iraq	3	Angola	15	Italy	46
Kuwait	1	Zaire	32	Malta	1
Saudi Arabia	14	Congo	1	Monaco	1
Bahrain	7	Gabon	3	Spain	34
Qatar	14	Equatorial Guinea	5	Portugal	47
United Arab Emirates	29	Sao Tome E Principe	2	France	78
Oman	8	Cameroon	2	United Kingdom	362
South Yemen	1	Nigeria	12	Ireland	20
Yemen	3	Benin	1	Iceland	7
Israel	1	Togo	1	Norway	44
				Sweden	6
				Finland	3
				U.S.S.R	208
				Poland	2
				Democratic Republic of Germany	4
				Federal Republic of Germany	9
				Denmark	41
				Nether lands	28
				Belgium	4
				Austria	4
				Romania	3
				Bulgaria	86
				<u>North America</u>	31
				Canada	4
				U.S.A	16
				Mexico	421
				Guatemala	368
				El Salvador	30
				Honduras	1
				Nicaragua	1
				Costa Rica	157
				Panama	56
				Cuba	12
				Jamaica	2
				Haiti	3
				Dominican Republic	6
				Bahamas	1
				Barbados	18
				Grenada	1
				<u>South America</u>	
				Colombia	2
				Venezuela	11
				Trinidad and Tobago	11
				Surinam	3
				Guyana	8
				Brazil	77
				Uruguay	3
				Argentina	86
				Chile	31
				Bolivia	4
				Peru	4
				Ecuador	16
				Oceania	
				Papua New Guinea	9
				Australia	157
				New Zealand	56
				Fiji	12
				Tonga	4
				Western samoa	1
				Nauru	1
				<u>International</u>	
					18



Canadian Oceanographic Data Center

Fig. 4.3.1 Distribution of tide stations

第 4 節 原理와 技術의 問題點

4.4.1 原 理

潮汐은 주로 달의 週期的인 運動과 관련되어 12 시간 25 분 주기로 하루에 두번씩 海水가 오르내린다. 이같은 干滿의 차이도 태양과 달의 相對的인 위치에 따라 변해 潮差가 큰 大潮期와 조차가 작은 小潮期로 구분된다.

潮汐을 動力源으로 이용하는 데에는 크게 1) 一定重量의 浮體가 받는 浮力을 이용하는 浮子式, 2) 潮流의 흐름을 그대로 이용하는 潮流式, 3) 潮位의 昇降에 따라 密室에 공기를 압축시키는 壓縮空氣式, 4) 防潮堤를 축조하여 潮池를 만드는 潮池式으로 나눌 수 있다. 오늘날의 潮力發電은 그 대부분이 潮池式으로 건설되고 있는데, 潮池式은 조석의 큰 河口나 灣을 縮切해 潮池를 형성하여 外海水位와 潮池內의 水位差를 이용하여 발전하는 방법이다.

潮力發電方式은 일반적으로 潮池數에 따라 單潮池, 複潮池로, 또 潮汐利用回數에 따라 單流式, 複流式으로 나누고 있다(Fig.4.4.1 參照).

(1) 單潮池 單流式: 하나의 潮池를 조성, 漲潮時에 수문을 개방하여 조지에 海水를 채운 後 수문을 닫고 潮池와 外海潮位간의 水位差가 생길 때 그 落差를 이용하여 發電하는 방식이다. 물론 창조시에 발전하고 낙조시에 수문을 개방시키는 방법도 가능하나 發電量면에서 볼때 前者보다는 불리하다. 어느 경우이든 發電을 함에 있어서 한 방향의 흐름만을 이용하므로 單流式이라 한다. 運轉方式은 發電→待機→充水→待機의 사이클을 계속 반복하므로 發電出力의 斷續이 불가피하다. 그러나 發電方式이 가장 간단하고 發電機器의 가격도 저렴하여 一般化된 潮力發電方式으로 널리 채택되고 있다.

(2) 單潮池 複流式: 이경우 發電機는 창조 및 낙조시 다같이 발전이 가능하며 발전기는 양쪽 방향으로 揚水가 가능하므로 潮池와 外海間의 水位差가 조금 더 크게 조성되어 發電時間을 약간 연장시킬 수 있으나 連續發電은 불가능하다.

發電→待機→充水→發電→排水→待機의 運轉方式은 그 사이클이 더 자주 반복되므로 單流式보다 대기시간이 단축된다. 또한 처음 發電과 그다음 發電時間의 待機時間의 간격이 짧아지므로 단류식보다는 출력의 斷續으로 인한 단점을 다소 완화시킬 수 있으나 水頭損失이 커서 大潮期에 유리하다.

(3) 複潮池 連結式: 두개의 潮池중에서 한쪽을 高潮池, 다른 하나는 低潮池로 조성하여 兩潮池間의 水位差를 이용, 高潮池에서 低潮池로 발전하고 外海潮汐에 따라 수문을 조작하여 양쪽 潮池水位를 계속적으로 조정한다. 이 방식은 連續發電이 가능하나 出力은 單潮池式보다 못하다.

(4) 複潮池 分離式: 두개의 單潮池 單流式 發電所를 독립적으로 운전하여 系統으로 연결시킨다. 즉, 한쪽 潮池는 창조시에 단류식으로 발전하고 이와 동시에 다른쪽 潮池에 해수를 채웠다가 낙조시에 발전함으로써 發電時間간의 時差를 이용하는 것이다.

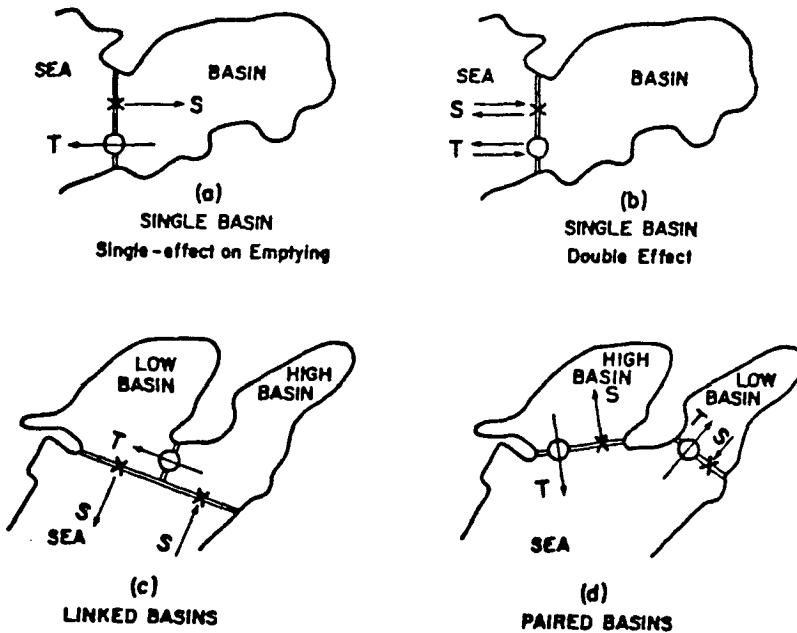


Fig. 4.4.1 Some concepts of tidal power basin schemes

4.4.2 技術上的 問題點

潮力發電은 연료의 대부분을 해외로부터 輸入에 의존하고 있는 火力이나 原子力과는 달리 燃料費가 전혀 필요없으며, 他發電所에 비해 耐用年數가 길다는 利點이 있다. 反面에 조력발전은 달에 의한 潮汐周期에 따라 발전하게 되므로 거의 제한된 시간에만 발전이 가능하고 또 出力도 일정치않아 斷續的이며 需要時에 發電不可能할 경우도 있다. 또한 技術的으로도 海水의 腐食防止策 等, 解決해야 할 課題는 많다.

(1) 潮汐시물레이션

貯水池를 縮切했을 경우, 潮位變動이 어떻게 變할 것인가를 豫測함은 重要하다. 이의 방법으로 縮切댐 부근의 潮位를 관측하고 周邊의 데이터를 토대로 조석시물레이션을 行한다. 이는 통상 電算에 의한 방법으로 수행되며, 조력 발전을 계획할 경우에는 반드시 실시하여야 한다. 이 시물레이션은 海底의 形狀, 海底面의 摩擦係數等 복잡한 物理的 現象들을 무시한 상태로, 좀더 상세한 潮汐 現象을 해명하기 위해서는 水理模型實驗을 실시함이 필요하다.

(2) 超低落差發電機의 開發

潮力發電의 落差는 水力發電과 달라 일반적으로 低落差이다. 發電費用은 낙차와 직접 관계하고 있으므로 저낙차로서 效率이 좋은 發電機의 개발이 필요하다. 그 일환의 하나로 개발된 것이 turblar 水車로서, 프로펠라型的의 runners 를 사용하고 있으며 수차의 내부에 발전기를 내장하고 있다. 이 수차의 특징은 물의 흐름이 수차의 軸方向에 직각으로 흐르기 때문에 速度損失水頭가 적어 效率이 좋고 또 구조적으로 콤팩트하기 때문에 土木構造物을 最小化할 수 있다. 이 수차는 프랑스의 랑스發電所에서 사용된 以後 各地의 조력발전 계획에 채용되고 있다. 최근에 들어 특기할만한 것은 새로운 straflo 水車の 개발이다. 이 수차는 이미 오래前부터 河川等의 소규모발전에 사용되어 왔으며 최근의 기술개발의 결과, 發電機의 大型化가 이루어져 조력발전에도 유리하게 되었다.

(3) 耐海水性金屬材料

海洋에서는 耐海水鋼, 耐候性鋼 등이 사용되고 있으나, 鋼材의 腐食이란 공통된 문제를 안고 있다. 특히 發電機의 水車의 경우는 流速이 빨라 海水中에서 鋼材의 부식은 심하다. 海水中에 금속의 부식은 주로 異種金屬간의 複合에 의한 接觸電位差, 혹은 同一한 금속일지라도 酸素濃淡電池作用에 의해 電流가 電解液을 통해 흐르므로서 생기는 부식이 있다. 이 防止對策으로서 1) 單金屬의 사용, 2) 電氣의 絕緣, 3) 塗膜에 의한 絕緣, 4) 電氣防蝕法 等の 방법이 고려되고 있다.

(4) 土木構造物의 組立化

랑스발전소의 댐은 假締切에 의한 방법으로 건설되었으며 當時로서는 難工事였다. 따라서 經濟的인 면에서도 조력발전을 가능케 하는 하나의 조건은 어떻게 締切댐을 빨리 또 싸게 건설하는 가이다. 이를 위해서 陸上의 碇(dock)에서 케이슨을 제작해, 케이슨內部에 발전기를 내장하여 그대로 曳引해 설치하는 방법이 검토되고 있다.

第 5 節 技術開發의 動向

4.5.1 프랑스

實際 潮力에너지를 이용하여 發電하고 있는 나라로는 프랑스가 世界最初로서, 施設容量 240 MW의 Rance 發電所를 1966년에 完工하여 현재 가동중에 있다. 조력발전소의 碇보적 존재라 할 수 있는 랑스발전소는 最大潮差 13.5 m, 平均潮差 8.5 m, 潮池面積 22 km², 單位容量 10 MW級 bulb型水車 24基가 설치된 單潮池式發電所로서, 單流式 및 複流式發電과 揚水發電도 가능하여 발전 방식에 융통성이 많다. 發電所는 堰堤, 水門, 發電機室 및 閘門으로 구성되어 있으며, 灣좌측에는 발전기실과 감문이 있고 灣우측에는 수문이 각각 위치하고 그

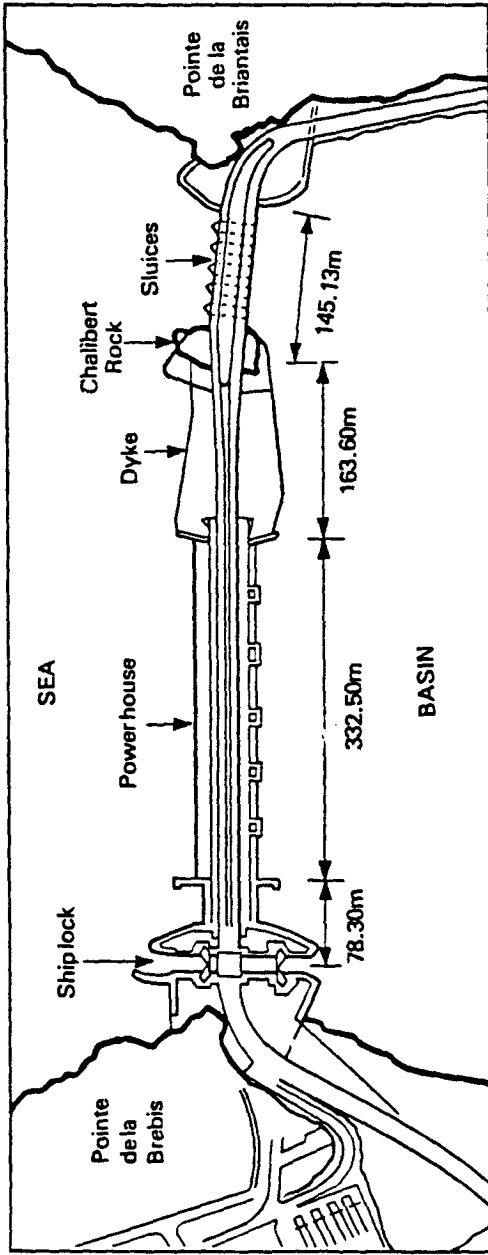
중간은 堰堤로 연결되어 있다 (Fig.4.5.1 & Fig.4.5.2 參照).

프랑스는 이 랑스발전소를 建設運轉함으로써 많은 값진 경험을 얻을 수 있었다. 이 중 몇가지 事項만을 열거하면 1) 벨브터어빈의 性能을 확인할 수 있는 가운데 설계 및 운전과 관련된 기초자료를 얻을 수 있었고 2) 海水로 인한 機器의 부식문제에 자신감을 얻었으며 또한 단류식, 복류식발전 및 양수식 발전방식의 검토등은 앞으로 건설될 조력발전소의 설계에 귀중한 참고자료로 쓰여질 것이다. 이와 더불어 프랑스는 1953 년경부터 Michel 灣 부근에 대규모 Chausey 發電所 건설계획을 검토하고 있는데, 事業規模는 엄청나게 방대하여 施設容量 6,000 ~ 15,000 MW, 潮池面積 730 km², 防潮堤延長 37 km, 建設費는 무려 90 億 弗이나 되어 아직 계획단계에 머물고 있는 실정이다.

4.5.2 캐나다

캐나다에서는 최초로 Annapolis 試驗用 조력발전소를 1984 년 5 월에 준공하였다. 發電所 立地는 Nova Scotia 州 아나폴리스江 河口에 위치하며 Fundy 灣 입구에 있다. 이 地域의 大潮差는 8.7 m, 小潮差 4.4 m, 平均潮差 6.4 m, 高潮時의 潮池面積은 11.5 km²로, 單位容量 20 MW級 straflo 水車 1 基가 설치된 單潮池 單流式發電所로서, 漲潮時에 조지에 해수를 채운 후 落潮時에 발전하는 방식을 채택하고 있다 (Fig.4.5.3 參照). 發電所에는 운전원이 상주하지 않고 현장에서 북동쪽으로 약 100 km 떨어진 곳에서 遠隔運轉되며 1 週日前에 운전을 예보한다. 아나폴리스 潮力發電所 건설은 어디까지나 스트라플로水車を 조력발전에 사용한 시험용발전소에 불과하지만 새로운 水車發電機의 개발이었다는 측면에서 볼 때 그 開發意義는 매우 크다.

그밖에 캐나다는 Fundy 灣, Ungava 灣, British Columbia 灣等 우수한 潮力地點을 갖고 있다. 윈디灣은 총연장 약 300 km, 灣入口의 폭이 약 100 km나 되는 Y字形의 灣으로, 灣안쪽에는 Shepody 灣, Cobequid 灣, Cumberland 灣 등의 작



La Rance tidal barragescheme

Estuary width:	750 metres	Turbo-generators:	24 x 10 MW bulb type Kaplan turbines with reverse flow and pumping capability
Basin area:	22 square kilometres	Turbine runner diameter:	5.35 metres
Mean tide:	8.5 metres	rated head:	5.65 metres
Installed generating power:	240 MW	maximum head:	11 metres
		minimum head:	3 metres

Fig. 4.5.1 General layout of La Rance tidal electric development

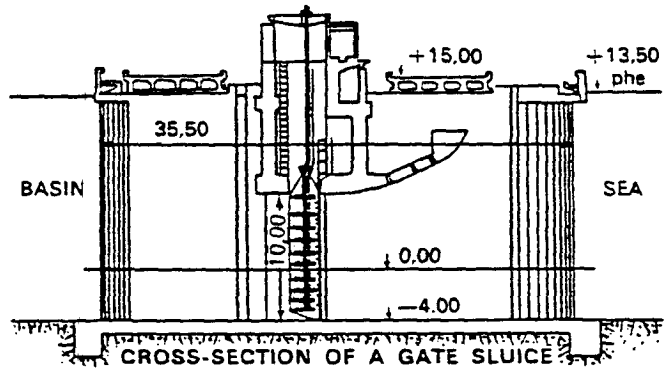
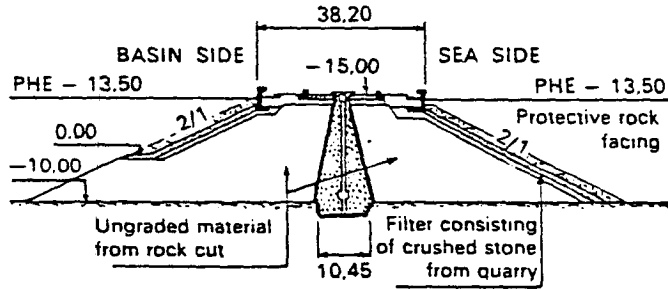
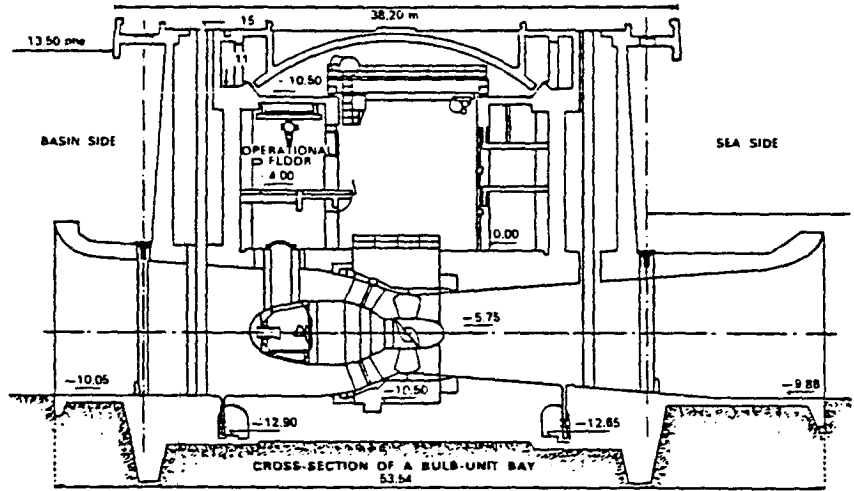
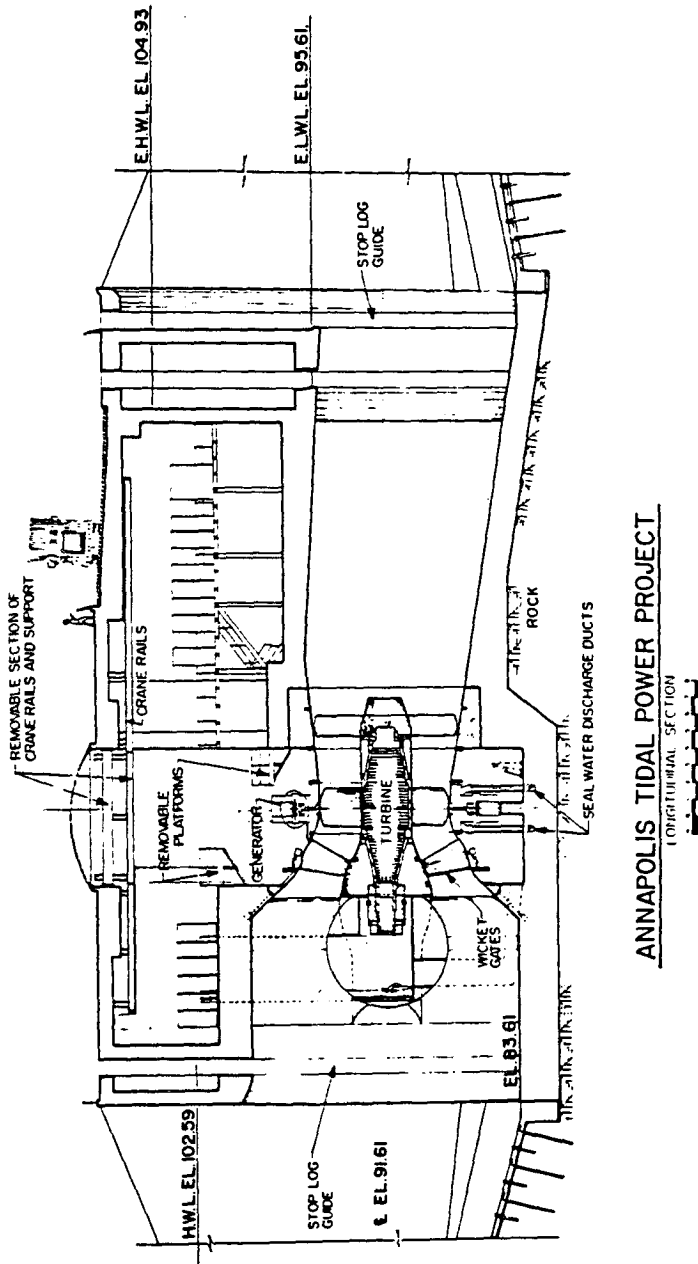


Fig. 4.5.2 Sectional elevations of component structures.
Rance station



ANNAPOLIS TIDAL POWER PROJECT

LONGITUDINAL SECTION

Fig. 4.5.3 Sectional elevation of Annapolis tidal electric station

은 灣이 散在해 있고 灣內의 最大潮差는 약 18 m나 되어 世界第一이다 (Fig. 4.5.4 參照). 灣內의 潮力開發 계획은 1966년부터 5년간에 걸쳐 灣內 全 域을 대상으로 대규모 조사사업을 실시하였으나 그 당시의 經濟性에 맞지 않아 보류된 상태였고, 그後 이 사업은 1973년의 石油波動을 계기로 再開되어 1975 ~ 77年度에 Bay of Fundy Tidal Power Review Board가 主體가 되어 灣內 30個 候補지중 가장 유력한 3개 候補지 (Shepody 灣, Cobequid 灣, Cumberland 灣) 를 선정하고 현재 2단계사업을 진행중에 있다. 이들 3개지점의 施設容量은 總 4,915 KW, 年間發電量은 15,693 GWh로 추정되며 必要時에는 개발규모를 확장시킬 수도 있다. 여기서 특기할 것은 새로운 建設工法으로, 웨포디灣과 코베퀴드 灣에서는 潛函工法이 제안되었으며 두꺼운 軟弱地盤層인 컴벌랜드灣에서는 육상 에서 제작한 發電하우스를 曳航設置하는 工法이 제안되었다. 한편, 운가바灣의

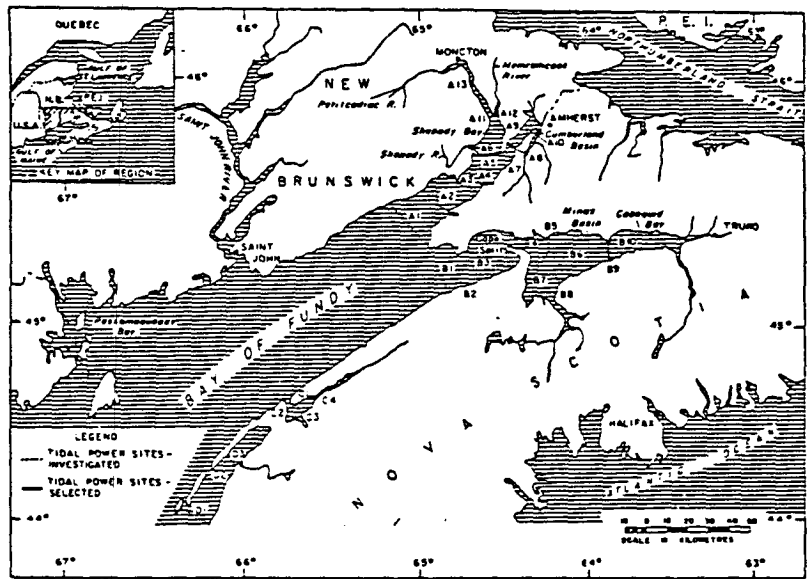


Fig. 4.5.4 Location of tidal power sites in Bay of Fundy, Canada

平均潮差는 7~8 m로서 總 施設容量은 5,500 MW로 기대되며, 브리티시 콜롬비아沿岸 13개 지점에서의 年間發電量은 總 2,200 GWh에 이를 것으로 추정되나, 兩地域 모두 發電單價는 他電源보다 비싸 현재로서는 큰 진전이 없는 상태이다.

4.5.3 소련

랑스以後 또 다른 試驗用 조력발전소가 1968년 소련에서 건설되었다. Kislaya Guba 조력발전소는 Ura灣의 Murmansk北方 45 km 키스라야· 규바에 위치하며 潮池面積 1.1 km², 潮池內 水深은 35 m로 깊은 편이고 발전소지점에서는 3~5 m로서 兩岸距離는 40 m정도이다. Fig.4.5.5의 鐵筋콘크리트製 케이슨(36×18.3×15.35 m)內部에는 400KW級 벌브型水車 2基가 설치되어 있는데, 하나는 프랑스에서 제작 도입되었고 또 하나는 소련에서 수차발전기의 특성연구를 위해 자체 제작하였다. 건설공법으로는 새로운 浮遊工法이 이용되었으

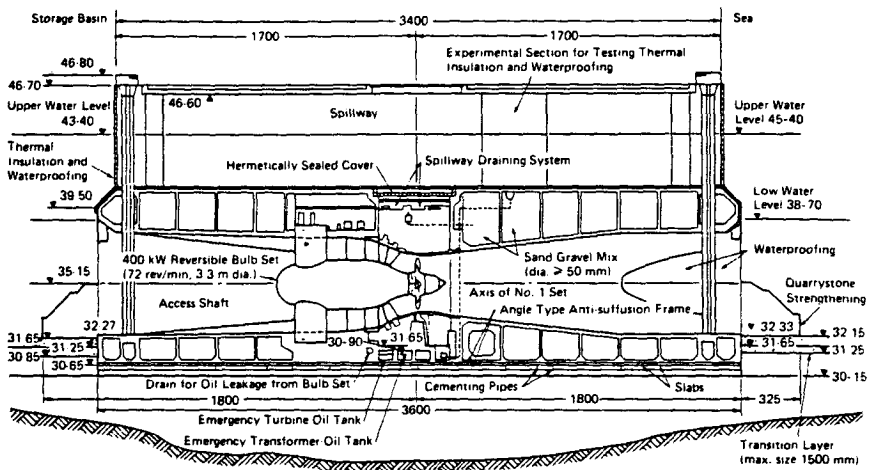


Fig. 4.5.5 Sectional elevation of Kislaya Guba power house caisson

며, 이 공법은 발전플랜트부문을 육상의 드라이 독에서 제작하여 물에 띄워서 현장까지 예인하여 미리 준비된 基礎위에 가라앉히는 施工方法이다. 구조물은 附着生物과 海水腐食으로부터 보호하기 위해 特殊研究가 실시되었고 水車와 發電機의 金屬은 電氣防蝕法을 이용하였으며 콘크리트에는 附着生物 防止用 塗裝을 실시하였다. 이같은 여러가지의 實驗實施는 장차 대규모 조력발전개발을 위한 준비단계의 일환이라 하겠다. 사실, 소련의 대부분의 조력발전후보지는 北極地方에 위치하고 있어 年 200 日정도 結氷이 계속되는 惡條件下에 있으며, 이 시험발전소의 실적을 토대로 白海의 Mezen 灣과 Lumbov 灣에서 그리고 오희츠크海의 Tugur 灣과 Penzhira 灣에서도 조력개발이 검토되고 있다.

4.5.4 其他國家

英國은 1930 年代부터 서해안 Severn 江 河口를 대상으로 多方面의 조사연구를 실시해 왔으며, 최근 1978 년부터 2 年半에 걸쳐 행한 豫備妥當性 검토 결과는 아주 鼓舞的인 것으로 나타났다. 이 사업에서는 총 6 개지점이 검토되었는데 가장 有利한 한 지점에서의 施設容量은 7.2 GW (45 MW × 160 基), 年間發電量은 12.9 TWh, 建設費 약 57 億 파운드, 工期 12 年이나 되는 거대한 규모로서 B/C 比가 1.1 로 타당성있게 나타났다. 또 다른 조력지점으로는 Solway Firth (平均조차 5.6 m), Morecame Bay (6.0 m), The Wash (4.9 m) 등이 있고, 이들 3 개지점의 年間發電量은 單潮池일 경우 약 7 TWh 로 예상된다.

美國은 1959 년부터 수차례에 걸쳐 Passamaquoddy 灣에 대한 조력개발 예비 타당성 조사를 실시한 이래 1976 년에 經濟性을 재검토한 바 있으나 현재는 별다른 진전이 없다. 그밖에 Alaska 州 Cook Inlet 의 Knick Arm 과 Turnagain Arm 도 유망한 조력입지로서, 이 지점의 시설용량은 1,440 MW, 年間발전량은 4,037 GWh 로 계산되었다.

中共에서는 1980 年 江厦 (Jiangxia) 試驗발전소를 一部 完工하여 가동중에 있

으며 總 計劃施設容量은 3,000 KW(500 KW 水車× 6 基)로서 이 발전소가 완전 준공되면 年間發電量은 약 11 GW h가 될 것으로 추정되었다.

印度의 조력입지로는 Cambay 灣(5,000~7,000 MW), Kutch 灣(1,200 MW) 등을 들 수 있으며 그밖에 濠洲의 Secure 灣(570 MW)과 아르헨티나의 San Jose 灣(6,800 MW)에서 조력개발을 위한 조사연구가 진행중에 있다.

이와같이 海外各國에서의 조력개발 조사사업은 이미 오래 前부터 검토되어 왔으며 조력개발의 關心度도 그때그때의 國內外情勢, 經濟動向 등의 요소에 따라 起伏이 있었으나 최근에 들어 경제적으로 妥當性을 입증하고 있어 앞으로의 개발에 밝은 청신호가 되고 있다.

4.5.5 韓 國

우리나라의 西海岸一帶는 평균조차가 약 5 m 이상으로서 天惠的으로 조력발전에 적합한 지역이다. 이미 1920년경부터 日本人에 의해 최초로 仁川灣 일대에 대한 조력발전 계획이 검토되었으며, 1960년대까지는 단편적인 검토가 행해졌으나 지극히 개략적인 것이었다. 우리나라에서의 潮力發電에 관한 본격적인 調查研究는 1970년대부터 실시되었는데 수차례에 걸친 西海岸 10개 지점을 대상으로 한 妥當性의 검토결과, 제 1 후보지로 충남 서산 加露林灣이 선정되었고, 제 2.3 후보지로 淺水灣과 仁川 근해의 信島海域이 지정되었다(Fig.4.5.6 및 Table 4.5.1 參照).

가로림灣의 平均大潮差는 6.5 m, 平均潮差는 4.8 m로 立地條件으로서는 두난하며, 發電方式은 單潮池 單流式으로 施設容量 480 MW(20 MW× 24 基), 年間發電量 893 GWh, 工事費 약 6 億弗, 工事期間 6 年으로 추정하고 있으나, 본격적인 개발은 1990年代以後에 가서야 실현될 전망이다.

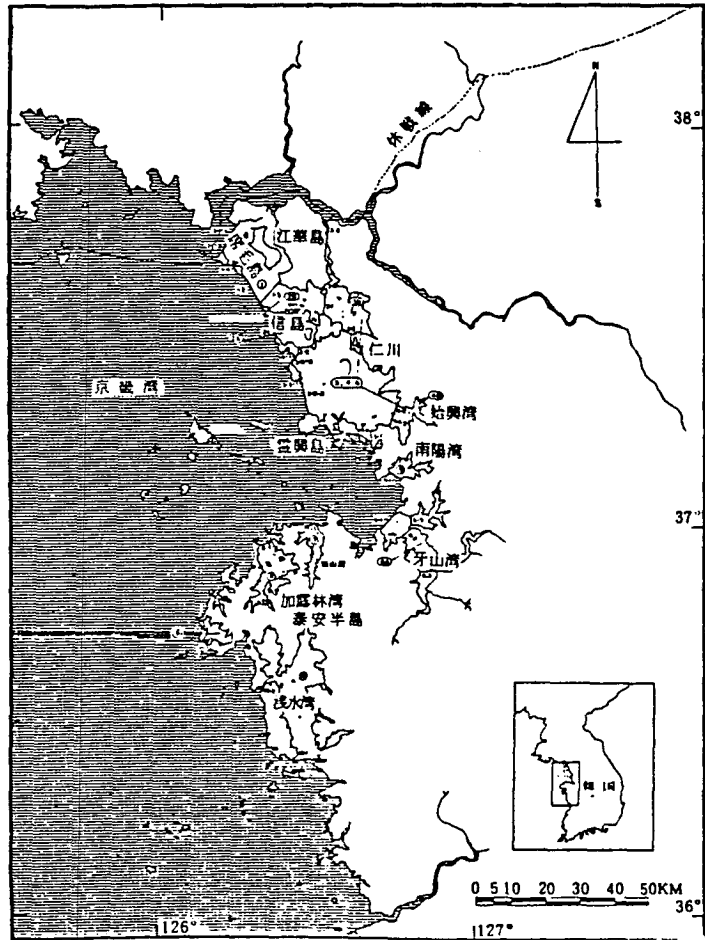


Fig. 4.5.6 Tidal power plant sites in Korea

Table 4.5.1 Evaluation of tidal power potential in Korea

地 點	平均潮差 (m)	潮池面積 (km ²)	締切延長 (km)	施設容量 (MW)	年間發電量 (GWH)
加露林灣	4.8	120.0	2.1	480	890
淺水灣	4.5	350.5	5.1	540	1,239
信島外側	5.6	192.3	23.5	310	2,079
信島內側	5.6	120.0	19.8	660	1,657

第 6 節 經濟性的 評價

일반적으로 經濟性的 評價는 1) KW當 建設費 (건설비/KW) 와 2) 發電費用 (年間經費/年間發生電力量) 으로 행해지고 있다. 初期段階에서는 특히 發電費用이 중요한 指標로 되며, 이 발전비용을 저감하기 위해서는 年間發生電力量을 높게 하던가 혹은 年間經費 즉 發電設備, 壩建設費등을 작게 하여야 한다. 年間경비는 보통 발전설비, 壩건설비, 자본이자등을 합친 總建設費의 10~15%에 해당하나, 石油, 石炭火力일 경우에는 燃料費가 추가로 加算된다. 발전비용은 사회조건등에 의해 各國別로 상당한 차이가 있어 간단히 비교할 수는 없지만 우리나라의 경우 原子力의 發電單價는 30 원/KWh 전후로서 水力發電보다 다소 비싼 편이나 潮力發電일 경우이면 거의 數倍로 된다. 그러나 1973년과 78년의 두 차례에 걸친 石油波動以後, 에너지安定供給의 必要性, 에너지資源의 節約, 環境汚染面에서의 클린에너지利用이란 觀點에서 潮力發電이 代替에너지개발의 일환으로 주목되기 시작하였다.

潮力發電의 最適利用을 위해서는 우선 發電費用의 低減이 따라야 하며 이와 더불어 開發規模, 發電方式, 壩建設工法, 低落差發電機의 開發, 多目的利用, 需要制御등에 관해 세밀한 검토가 있어야 한다. 그 實例로, 발전방식으로는 단조지 혹은 복조지로 할 것인가를 결정해야 하며 또한 어떤 건설공법으로 저렴하게 시공할 것인가에 대해서도 검토해야 한다. 최근의 건설공법으로는 케이슨內에 發電機를 내장하여 一體化시켜 現地로 豫항하는 이른바 浮遊케이슨工法이 널리 채택되고 있다. 低落差發電機의 개발면에서는 이미 프랑스의 랑스발전소에서 벌브型이, 캐나다의 아나폴리스발전소에서 스트라플로型이 개발되어 발전비용 저감에 상당히 기여하고 있다. 또 다목적이용방안으로서는 內灣을 횡단하는 道路를 壩天端에 건설해 교통의 편익을 꾀할 수도 있다.

조력발전은 他發電에 비해 건설비가 많이 든다는 단점은 있으나 그 耐用年數

는 약 70년 이상이나 되어 보통 화력발전에 비해 2.5 배의 수명을 갖고 있어 건설비의 부담을 상대적으로 경감시킬 수 있다. 우리나라의 경우, 조력발전은 국내 부존자원개발이라는 측면에서 볼때 그 活用이 重要하므로 경제적, 기술적인 면에서의 신중한 검토와 더불어 油價의 動向에 따라 그 개발방향이 결정되어야 할 것이다.

第 7 節 環境影響評價와 波及效果

조력발전 건설이 환경에 미치는 영향은 發電方式(單流式, 複流式, 揚水를 행하는가)과 建設工法(完全締切, 케이슨方式)에 따라 달라지며 일반적으로 1) 潮差의 감소, 2) slack 시간의 확대, 3) 海水交換의 감소 등의 현상들을 초래한다. 潮差減少는 單流式일 경우 干渴地의 대폭적인 감소를 가져오며 複流式일 경우 간석지의 감소와 高潮面의 低下現象을 야기한다. 前者의 경우에는 潮池內의 平均海水面의 상승현상이 일어나 沿岸陸域 地下水의 鹽水化 대책도 강구하지 않으면 안된다. 또한 slack 時間의 擴大, 潮差의 감소는 潮流의 상황 특히 流速을 감소시켜 潮池上流部(河口部), 內灣, 入江部에서 懸濁物의 堆積을 촉진시킨다.

이같은 潮汐變化는 潮池內에서뿐만 아니라 外海側에서도 발생할 수가 있으며 발전소를 외해측의 灣入口에 건설할 경우에는 더욱 顯著化할 것으로 사료되어 충분한 시뮬레이션 計算이 요구된다. 또한 潮汐, 潮流의 변화는 締切堤에 의한 沿岸波浪의 變化와 대응하여 砂州, 漂砂, 河口堆積狀況을 변화시키며, 이들 변화는 生物相, 즉 漁業에도 영향을 미친다. 일단 生物상이 변화하면 그 回復移行期間은 10年以上이 필요하므로 신중한 環境影響評價를 실시하여야 한다.

또한 조력발전소의 건설은 社會, 經濟的인 면에서의 波及效果도 크며, 그 例로 橫斷道路, 觀光效果, 航路, 航行에의 영향등을 들 수 있고 또 技術的으로는 低落

差發電機의 개발, 海洋構造物의 防食技術, 콘크리트構造物의 止水技術에 기여하는 바가 클 것이다.

Fig.4.7.1은 조력발전건설에 따른 환경변화와 그 파급효과와의 관계를 圖示한 것이다.

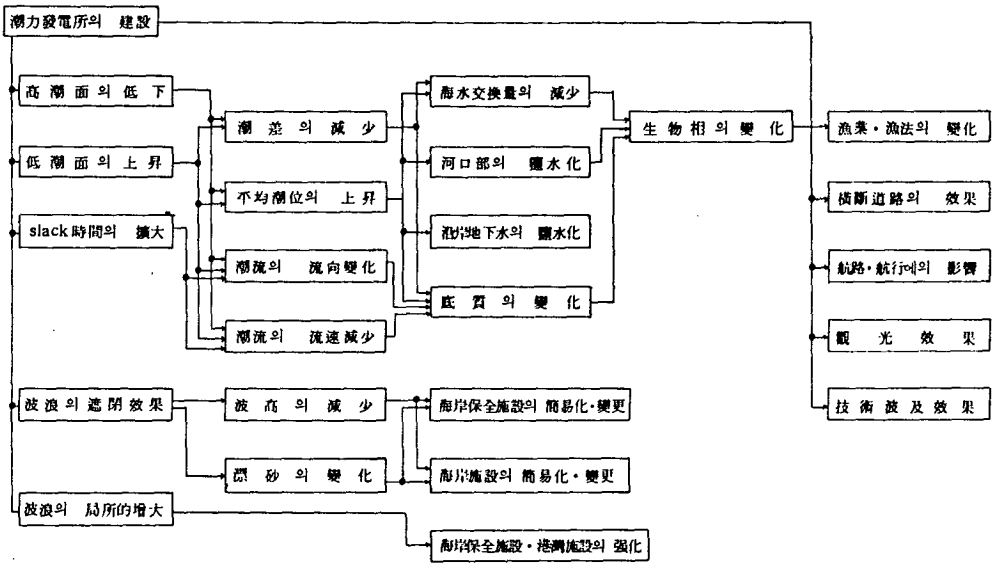


Fig. 4.7.1 Environmental assessment and impact of tidal power projects

第 5 章 波 力 發 電

第 1 節 資 源 量 과 立 地 條 件

海洋波의 發生要因은 주로 바람이다. 風力에너지는 太陽에너지로부터 발생되기 때문에 태양에너지가 존재하는 限 파랑에너지는 무진장하며, 파랑에너지는 公害를 발생시킬 우려가 없는 클린에너지이다. 그러나 台風과 같은 強力한 파랑에너지는 海洋構造物에 被害를 입히기도 하며 海難事故 等 인간의 海上活動을 제약하기도 한다.

海洋波는 規則波와 不規則波로 분류되며, 進行중의 海洋波는 傳播하는 에너지가 그 자세를 드러낸 것으로 생각할 수 있다. 海洋波의 특징을 나타내는 파라미터는 波高 H 와 周期 T 그리고 波의 主進行方向 角度인 α 의 3가지로 대표될 수 있다.

파랑에너지는 통상 時間平均하여 표현되며, 規則波의 경우 時間平均한 파랑에너지 \bar{E} 는 波峰方向의 單位幅當에 대해

$$\bar{E} \approx H^2 T \text{ KW}/m \dots\dots\dots (1)$$

로 표현된다. 여기서 H 는 m , T 는 sec 單位이다. 한편 不規則波는 波 周期와 波高가 제각기 다른 構成波들이 중복된 것으로, 有義波高 \bar{H} 와 平均周期 \bar{T} 의 두개의 파라미터로 나타낼 수 있다. 不規則波의 時間平均한 파랑에너지 \bar{E} 는 다음式으로 표현된다.

$$\bar{E} \approx 0.5 \bar{H}^2 \bar{T} \text{ KW}/m \dots\dots\dots (2)$$

波浪에너지의 資源量을 산정할 경우에는 불규칙파의 方向性을 고려하지 않아도 된다. 불규칙파의 方向性은 파랑에너지 吸收裝置의 特性과 關聯되기 때문이다.

海洋波의 파랑에너지 資源量을 추정하기 위해서는 불규칙파에 관한 파랑에너지 算定式 (2)를 사용하여야 한다. 규칙파에 대응한 산정식인 (1)를 사용하면 實際보다 큰 파랑에너지를 추정하게 된다. 불규칙파의 特性은 長期的으로 보면 季節別로 변화하고 있으며 短期的으로 보면 一定時間마다 변화하고 있다. 資源量을 산정하는 관점에서 보면 단기간동안의 불규칙파의 特性의 변화는 적은 것에 비해 장기간 동안에의 변화는 크다. 파랑에너지의 特性 및 그 資源量을 좀더 精密度 높게 산정하기 위해서는 有義波高와 平均波周期의 長期間에 걸친 出現頻度의 統計資料를 확보해 두어야 한다.

파랑에너지는 世界各處에 널리 분포되어 있으나 日別, 季節別, 海域에 따라 현저한 差異가 나므로 年中 均일한 出力을 기대하기는 어렵다. 英國의 Leishman 과 Scobie 는 최근 수년간 수집한 波浪資料를 근거로 세계 12 個의 特定海域을 대상으로 年間 利用可能한 파랑에너지를 개략적으로 산출하였다. Fig.5.1.1 에 의하면, 비교적 파랑에너지 密度가 높은 곳은 영국의 서쪽해역, 스페인의 서쪽, 남아프리카연방의 동쪽해역, 캐나다의 동쪽, 미국 캘리포니아 서쪽해역으로서 單位幅當의 파랑에너지는 $40 \text{ KW}/m$ 이상으로 나타났다.

한편, 波力發電裝置의 설치해역은 沿岸과 洋上의 두 해역으로 나눌 수가 있다. 그 어느 海域일지라도 충분한 資源量을 갖추고 있어야 함이 최우선의 立地條件이다. 沿岸의 경우는 일반적으로 淺海域이기 때문에 碎波等에 의한 에너지散逸이 적어 충분한 資源量이 확보되는 場所이어야 함과 同時에 異常時 波浪荷重에 의해 裝置가 파괴될 우려가 없는 장소여야 한다. 洋上의 경우는 陸上送電이 가능한 장소라야 하며 距離上으로 볼때 陸岸에서 30 km 미만의 해역이 좋으며, 또 裝置는 일반적으로 係留되는 관계로 水深 300 m 미만이 바람직하다. 그밖에 海岸地形에 변화를 미쳐서는 안되며, 漁業에 악영향을 끼치지 말것, 船舶航行에 장애가 되지 말것, 港灣機能을 손상시키지 말아야함이 其他 주요 입지조건에 해당한다.

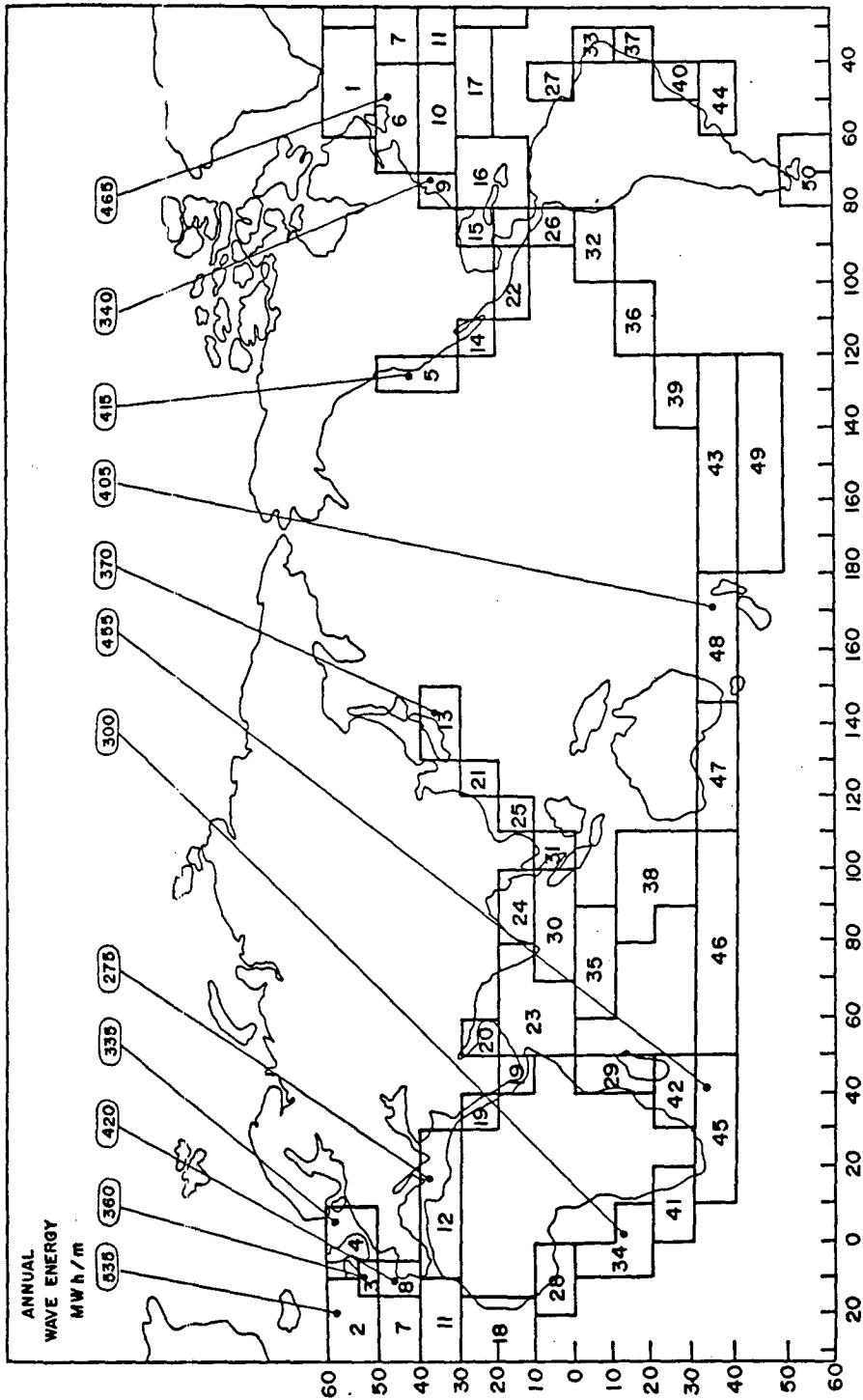


Fig. 5.1.1 Distribution of average wave energy in the world

第2節 計測의 項目과 技術

海岸工學을 비롯한 防災 또는 海洋構造物의 건조, 보수시에는 流速, 流向의 관측은 물론 波浪의 관측이 필요하다. 파랑의 계측항목으로는 波高, 周期, 波向이 있으나 이중 波向에 관한 측정법은 일부 實用化되기도 하였지만 아직 改善할 문제가 남아 있어 研究開發段階에 있다. 지금까지 世界各國에서 考案된 波浪計는 50여종을 넘지만 이를 크게 나누면 직접 海面의 昇降을 측정하는 直接觀測法과 物理的인 변화량측정에서 간접적으로 海面의 승강량을 구하는 間接觀測法으로 분류할 수 있다. 其中 대표적인 것을 열거하여 보면 Table 5.2.1 과 같다.

海面昇降記錄式(surface gauge type)波浪計 : 해중에 鉛直으로 세워진 管을 따라 수cm 간격으로 부착시킨 電極으로 海面을 직접 기록하는 것이다. 海面의 승강에 따라 해수와 접하는 전극의 수가 變化하면 回路의 저항도 아울러 增減하며 이 저항변화를 아날로그(analog)기록 혹은 다이오드매트릭스(diode matrix) 회로를 이용하여 디지털(digital)로 기록하는 방식을 階段抵抗式(step resistance gauge)이라 한다. 이 방식은 直線性이 나쁘기 때문에 전극대신에 한개의 니크롬저항선을 이용한 抵抗線式(resistance wire gauge)이 개발되었으며 금속전극이나 저항선이 해수에 직접 닿는 결점을 피하기 위해 絶緣된 導線을 해중에 세워 靜電容量變化를 이용해 측정하는 容量式(capacitance wire gauge)도 개발되었다. 이것들은 직접 海面의 승강을 측정할 수 있는 장점이 있으나 기존구조물이 이용될 수 없을 경우는 支持物을 설치해야 하며 淺海域이나 파랑이 잔잔한 곳에 한정된다는 결점이 있다.

水壓式(pressure gauge type)波浪計 : 파랑의 수압변동은 수심에 비례하여 指數函數的으로 감소하며 또 周期가 짧을수록 감소도는 크다. 따라서 수압변화를 表面波高로 환산할 필요가 있으며 이 때 생기는 어느정도의 誤差는 피할 수 없으나 설치가 비교적 간단하며 센서(sensor)가 수중으로 완전히 잠입하기 때문에

Table 5.2.1 Principal wave gauges

<p>(1). 한 地點에서의 水面의 上下를 직접 測定하여 波形을 구하는 方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 測定桿式 波高計 (階段抵抗型, 容量型) ○ 超音波式 波高計 ○ 부이視準型 波高計 (스타디어式 波高計, 實體視式 波高計) ○ 電波 高度計式 波高計 (航空機에 의한) 	(註 1)
<p>(2). 한 地點에서의 水壓·變動을 測定하여 이로부터 波形을 換算하는 方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 水壓式 波高計 (摺動抵抗型, 差動變壓型, 抵抗歪線型) 	
<p>(3). 한 地點에서의 波動流를 測定하여 이로부터 波向 (혹은 波形)을 換算하는 方法 (註 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 定置式 波向計 (超音波 流速計型, 電磁流速計型, 抵抗歪線型) 	
<p>(4). 한 地點에서의 水面變動의 加速度 및 傾斜角을 測定하여 이로부터 波向 및 波形을 換算하는 方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 부이式 波高計 (웨이브라이더 부이, 핏치·롤부이, 그로버부이) 	
<p>(5). 一定海域의 海面擾亂分布로부터 波向 혹은 擾亂의 스펙트럼을 구하는 方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 航空寫眞法 (實體寫眞法) ○ 海象觀測用레이더法 	

註 1 : 水壓記錄으로부터 水壓應答函數를 이용하여 波形을 환산함.

註 2 : 流速記錄으로부터 流速應答函數를 이용하여 波形을 환산함.

耐久性도 확보되어 沿岸에서의 파랑관측에 이용되고 있다. 空氣壓을 이용하는 摺動抵抗式 (slide rheosta wave gauge)은 고무튜브에 가해지는 압력변화를 공기로 本體안의 벨로우즈 (bellows)에 도입, 레버 (lever) 및 齒車機構로 확대시켜 摺動抵抗의 저항변화를 측정 기록하는 것이다. 油壓을 이용하는 車動트랜스식에서는 공기대신에 기름을, 摺動抵抗대신에 差動트랜스를 사용하고 있다.

超音波式(sonar)波浪計 : 해저에 上向으로 놓인 포물선반사경에서 예민하게 收束되는 초음파 빔을 해면에 발사하여 그 반사파의 도달시간으로부터 波高를 측정한다. 해중의 음속은 수온, 염분에 의해 변화하기 때문에 音速補正을 필요로 하지만 설치가 용이하여 비교적 深海域에서도 사용이 가능하다. 水質條件이 복잡한 지점이나 선박의 항행이 번거로운 장소는 부적당하다.

웨이브라이더 부이(waverider buoy) : 이 파랑계는 해상에 係留되어 해면의 승강운동에 따라 加速度計(accelerometer)가 부이의 上下運動 가속도를 검출해 이것을 2回積分回路에 의해 變位를 구한다. 이 측정된 鉛直變位를 전기신호로 변조시켜 육상에 위치한 受信器(wave recorder)에 送信하면 수신기는 수신전파를 複調하여 기록지에 波形을 기록할 수 있으며 또 磁氣테이프에 數値를 기록함으로써 직접 자료의 전산처리도 가능하다. 자동기록이 가능하므로 최소한의 인원으로 운영할 수 있고 또한 설치도 간편하며 장비자체가 견고하고 고장요소가 적어 장기간사용에 매우 편리하다 (Fig.5.2.1 參照).

이밖에 특수한 것으로는 高度 70 m 정도로 비행중인 항공기로부터 마이크로파를 해면에 발사하여 反射波를 수신함으로써 파고를 측정하는 항공기용파랑계 (airborne wave recorder)도 실용화단계에 있으며 인공위성에 탑재한 마이크로파의 센서를 이용하여 해면에 관한 정보를 얻는 방법도 개발되고 있다.

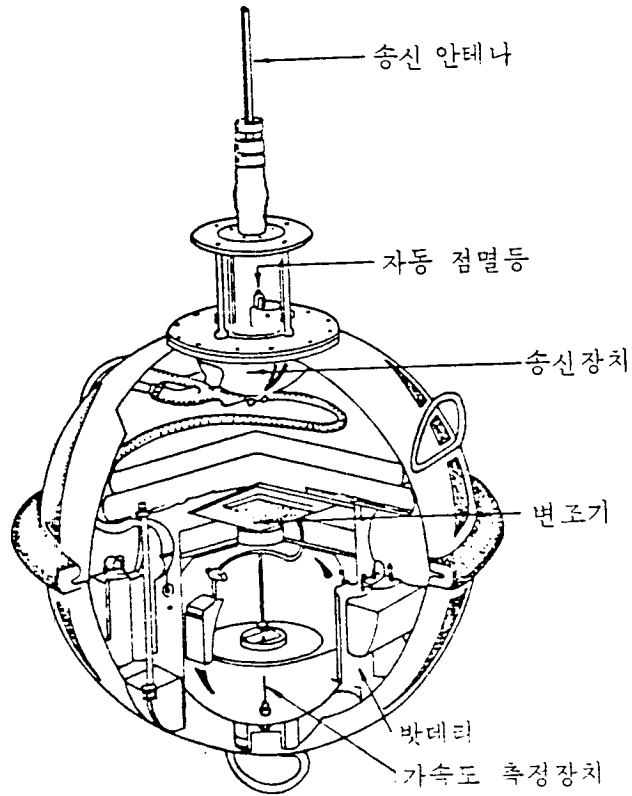
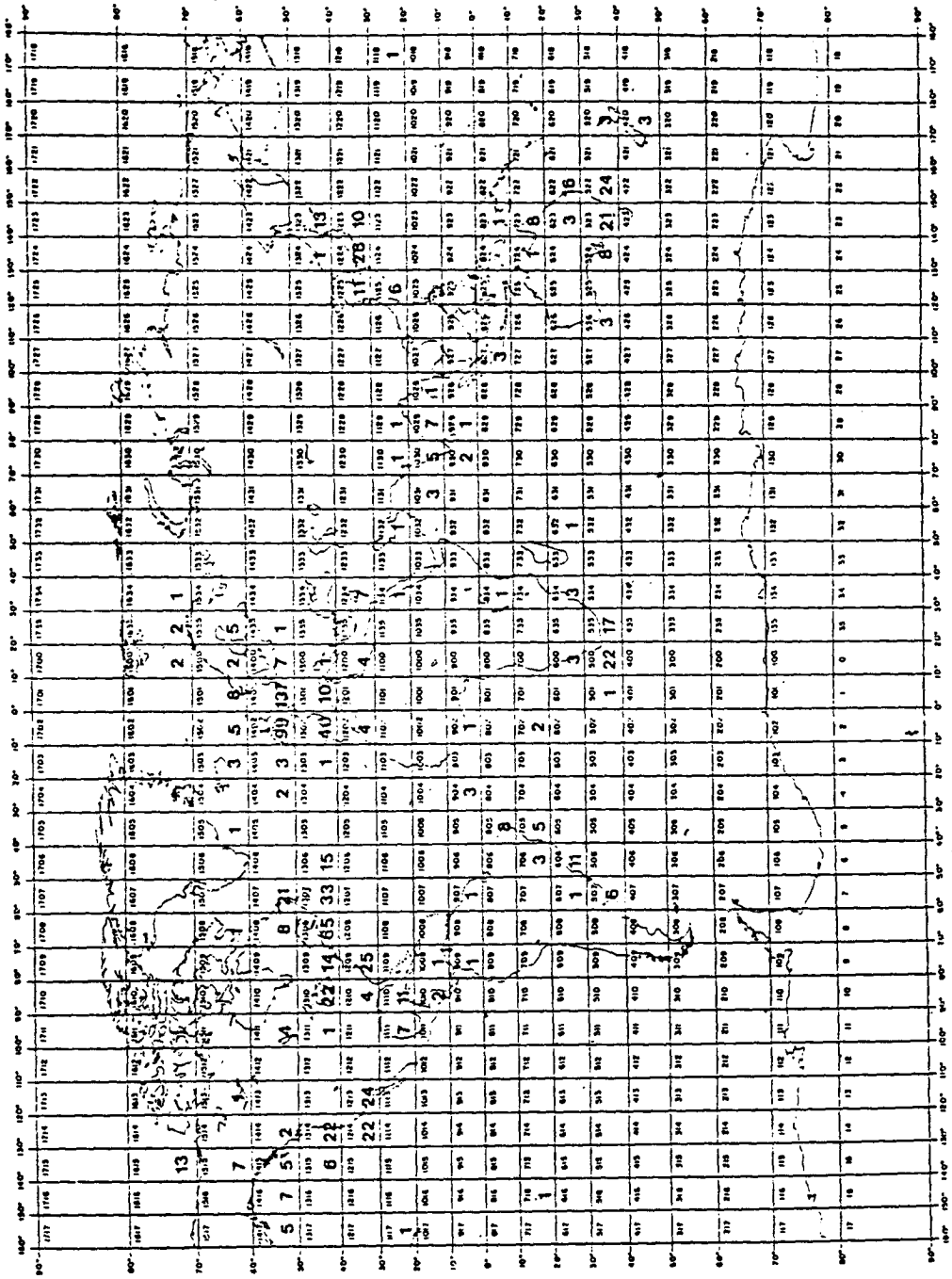


Fig. 5.2.1 Waverider buoy

第 3 節 波浪資料의 現狀

波浪을 計器로 觀측하기 시작한 것은 1940年代 後半以後로서, 이의 觀측에는 多額의 費用과 努力이 필요로 하기때문에 計器觀測에 의한 파랑자료는 質·量 모두 부족한 실정이다. 그러나 이같이 限定된 파랑자료를 가능한 폭넓게 이용할 수 있도록 UNESCO, Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) 에서는 파랑자료의 情報交換센터를 英國 國立海洋研究所의 海洋情報서비스(MIAS) 에 委任하고 있다. MIAS에서는 이의 업무를 引受, IOC의 計器觀測파랑자료에 관한 責任海洋資料센터(RNODC)로써 資料所在를 명확히 한 카다로그를 발행하고 있다. Fig.5.3.1은 이 카다로그에 記載되어 있는 波浪觀測點의 地域別 數를



World map showing distribution of catalogue entries and modified Canadian ten degree square system

Fig. 5.3.1

나타낸 것이다.

이 카다로그에는 下記의 事項들이 기재되어 있다.

- 觀測點의 位置 및 狀況
- 計器 (종류, 記錄量, 기타)
- 資料 (관측기관, 자료제공의 가능성, 기타)
- 報告書
- 連絡場所

Marine Information and Advisory Service (MIAS)

Institute of Oceanographic Sciences

Brook Road, Wormley, Godalming,

Surrey GUB GU8 5UB, U.K.

波浪資料로서 가장 量이 많은 것은 航行船舶의 通報에 의한 目視觀測值로 各國의 氣象官廳에서 이를 수집·정리하고 있다. 이중에서 全地球的인 규모로 정리된 간행물로는 Hogben & Lumb (1967)의 Ocean Wave Statistics가 있다. 또한 美 海軍의 Marine Climatic Atlas도 대량의 정보를 記載하고 있다. 한편 北太平洋에 대해서는 日本 造船研究協會가 이의 업무를 담당하고 있다.

近年에 들어서서는 電子計算機의 발달에 따라 廣域의 氣象豫報가 可能케 되어 이의 자료를 토대로 波浪의 數值豫報가 행해지고 있다. 가장 대규모적인 것은 美 海軍의 Fleet Numerical Oceanographic Center로서 地球全體의 예보를 행하고 있다. 또 大西洋에서는 프랑스, 영국, 네덜란드等, 北太平洋에서는 日本의 各氣象官廳이 파랑의 數值豫報를 실시하고 있다.

海洋構造物의 設計波를 산정할時의 高波에 대해서는 지금까지 言及하여 온 計器觀測值, 目視觀測值, 數值豫報值의 자료로는 불충분하며 台風이나 大型低氣壓 등의 異常氣象現象을 대상으로 하여 波浪推算을 실시하고 있음이 일반적인 경향이다.

波浪에너지의 資源量을 어느 特定海域에서 추정하고자 할 경우에는 우선 目視觀

측자료나 파랑예보자료(입수가능하다면)를 근거로 개략적인 계산을 실시한다.

上記作業을 통해 파랑에너지의 이용가능성이 확실시 되면 波高計를 설치하여 정확한 파랑자료를 取得해야 할 것이다. 관측기간은 적어도 1年은 필요하며 가능하면 3年以上 계속함이 좋다.

第4節 原理와 技術의 問題點

5.4.1 原理

波力發電이란 入射하는 파랑에너지를 터어빈 등의 原動機의 驅動力으로 변환하여 發電하는 방식이다. 이것은 設置方法에 따라 크게 浮體式과 固定式으로 구분되나 이에 는 각기 一長一短이 있다. 예를 들면, 入力에너지의 크기나 運動의 效率, 시설주변의 環境的인 측면에서는 부체식이 좋으나, 고정식은 設計·施工上의 면에서 유리하며 防波堤等 他施設物과의 競용이 용이하고, 추출된 에너지의 수송이 용이하다는 點의 잇점이 있다.

또한 水粒子의 運動方向에 따라 1) 波의 上下運動, 2) 波의 水平運動, 3) 波에 의해 생긴 水中壓力을 이용하여 각기 空氣에너지나 機械에너지 혹은 水力에너지로 轉換하는 3개의 방법으로 大別된다(Table 5.4.1 및 Fig.5.4.1 參照). 최근까지의 연구경향은 各國마다 다르나, 영국에서는 주로 부체식의 장치가 중심으로 되어 왔으며 에너지 변환방법으로는 공기터어빈 방식이 비교적 많다. 反面 일본에서는 沿岸固定式 파력발전장치가 비교적 많고 변환방법으로는 기계적 혹은 수력터어빈 방식이 대부분이다.

Table 5.4.1 Classification of wave energy converters

裝置의 分類	主要裝置의 方式과 名稱	裝置의 研究開發機關	Fig. 5.4.1 中の 番號
1. 空氣에 너지로 轉換하는 방법	a) 固定式	(日) 海洋産業研究會	(1)
	① 共振型 波力發電方式 ② 往復水柱方式 (oscillating water column)	(英) NEL	(2)
	b) 浮體式	(日) 海洋科學技術센터	(3)
	① 波力發電船方式 (海明) (KAIMEI) ② 空氣袋方式 (flexible bag)	(英) Lancas ter	(4)
2. 機械에 너지로 轉換하는 방법	a) 固定式	(日) 日立造船, 室蘭工業大學	(5)
		(日) 內田總合技術開發研究所	(6)
		(日) 橫濱國立大學	(7)
		(英) Edinburgh 大學	(8)
		(日) 日本鋼管	(9)
		(日) 室蘭工業大學	(10)

裝置의 分類	主要裝置의 方式과 名稱	裝置의 研究開發機關	Fig. 5.4.1 中的 番號
b) 浮體式	① 水沒円筒方式 ② 共振浮揚體方式 ③ raft 方式 ④ piston 方式	(英) Bristol 大學 (日) 三井造船 (英) Cockereil (日) 川崎重工	(11) (12) (13) (14)
3. 水力에너지로 轉換하는 방법 a) 固定式	① 波浪揚水方式 (收斂構造) (波流發電) ② 波浪揚水方式 (單純斜面) (Mauritius 島計劃) ③ 整流方式 ④ 共振管 方式	(日) 關西電力, 電力中央研究所 (英) Alexander C ibb 等	(15) (16)
b) 浮體式	① 人工環礁方式 (Dam Atoll)	(英) HRS 水理研究所 (日) Ocean Energy 開發(株) (美) Lockheed	(17) (18) (19)

5.4.2 技術上的 問題點

파랑에너지는 다른 해양에너지에 비해 비교적 쉽게 이용가능하다는 잇점과 함께 다음과 같은 부수적인 長·短點이 있다. 우선 長點을 살펴보면 1) 原理와 건설이 간단하며, 2) 수명이 길고 경제적이며, 3) 전력수요가 큰 冬節期로 갈수록 파랑에너지는 커져, 전력수요에 따른 계절적 상관관계가 좋고, 4) 公害를 일으킬 염려가 전혀 없고, 5) 波力發電 부이는 훌륭한 방파제 역할을 하므로, 방파제 내측의 해역은 養殖場 또는 海洋레크레이션 場所로 利用할 수 있다. 反面, 短點으로는 1) 發電量의 精確한 豫測이 거의 불가능하고 長·短期的으로 變動이 심하다. 이것은 파랑이 기상상태에 따라 수시로 변하기 때문이다. 2) 大規模 波力發電裝置를 海上에 架設시키는 데에 따른 어려움이 있다.

따라서 大規模 波力發電의 개발을 위해서 이상과 같이 단점들과 더불어 파력발전의 蓄電效果, 波力發電 公營체제의 效果인 運營, 他電源과의 상호작용등의 問題點들에 관해 더욱 研究 檢討되어야 할 것이다.

第 5 節 技術開發의 動向

波浪에너지를 이용한 波力發電에 관한 研究는 약 100 年前부터 시작되어 특히 섬나라인 日本과 英國等地에서 활발하게 수행되고 있다.

5.5.1 日 本

日本은 파력발전 實用化에 가장 앞서 있으며 1966 년에 益田(Masuda)에 의해 航路標識用인 소형 파력발전장치가 개발되어 현재 세계각처에 보급되어 있다(Photo. 5.5.1 參照). 이에는 TG-1, TG-2, TG-101 등 여러 형이 있으며 出力은 70 ~ 120 W 범위로서 가격은 日貨로 약 100 萬엔이고 15년 정도의 수명이다. 또한 일본 해상보안청의 등대부도 세계최초로 등대용 해안고정식 파력발전장치를 개발하여 아시카섬의 등대에 전력을 자체공급하고 있다. 한편 일본 海洋科學技術

센터 (JAMSTEC)에서는 1974년부터 대형 파력발전장치인 海明 (KAIMEI)를 제작하여 1980년 7월까지 1,2차 實海域 海上試驗에 임한 바 있다 (Photo. 5.5.2 參照). 지금까지의 시험결과로는 發電機 1基당 평균출력이 125 KW, 최대출력은 200KW였으며 '82~'83년 2년간에 걸쳐 船體改造 및 發電裝置의 改良을 실시했고, '85년부터는 제 3차 실패역 시험에 임하고 있으며 '84년에는 해안에 고정식 발전시스템 건설에 착수하였다.

이러한 試驗과 병행하여 일본 運輸省 港灣技術研究所에서는 독자적으로 고정식 파력발전 케이슨장치에 관해 연구중에 있다.

이러한 고정식 해안 발전시스템으로 파력발전 시험을 하는 목적은 외딴 섬에 전기를 공급하기 위해서이다. 일본에는 약 2,400개의 외딴 섬이 있는데 이중 500개의 섬에는 住民들이 거주하고 있다. 현재에는 섬에서 필요한 전기를 디젤엔진으로 발전하고 있으나, 앞으로는 파력발전으로 대체할 것으로 전망된다.

현재까지 일본에서 개발중인 주요 파력발전장치를 소개하면 Table 5.5.1과 같다. 일본의 海岸線의 총 길이는 약 1萬 3,000 km인데, 이중 波力을 이용할 수 있다고 생각되는 지역의 해안선 길이는 약 6,000 km이다. 바다의 파력을 이용하면 해안선 1m당 10KW이상을 發電할 수 있으며, 科學技術廳의 資源調查會의 추산에 따르면 일본은 年間 5,260 億KWh에 상당한 잠재파력을 가지고 있다고 한다. 실제로는 그 1%밖에 발전에 이용할 수 없으나, 그렇다고 해도 그 發電量은 무려 53億 KWh나 되는 엄청난 量이다. 따라서 해양국가인 일본은 국가적인 차원에서 파력발전에 관한 연구개발에 몰두하는 것 같다.

5.5.2 英國

영국에서 추진하고 있는 파력발전 개발사업은 파랑에너지를 기계적에너지로 전환시킬 수 있는 4種의 각각 다른 원리, 즉 Nodding Dock 방식, 振動水柱方式, 공기압력 방식, 波力整流方式에 관해 NEL, HRS, Edinburgh, Queens 대학

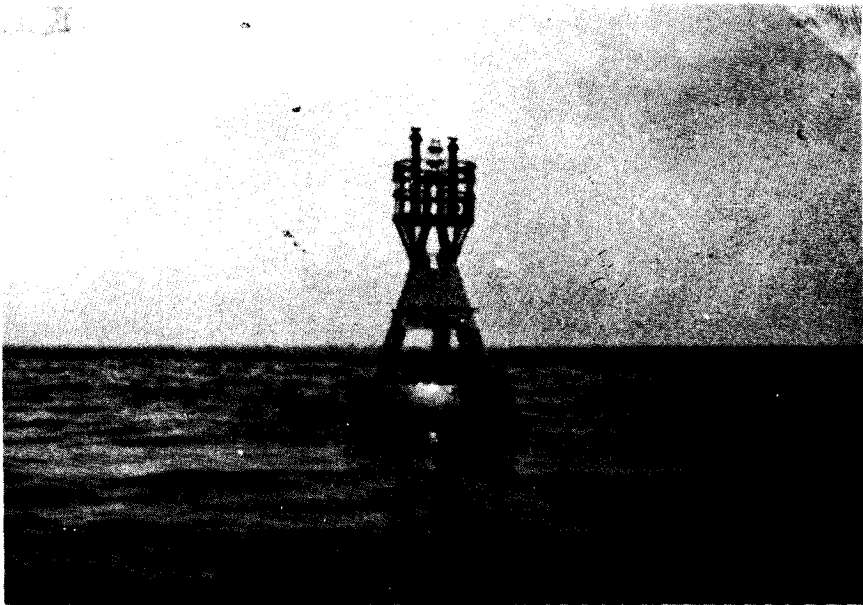


Photo. 5.5.1 View of wave activated generator buoy

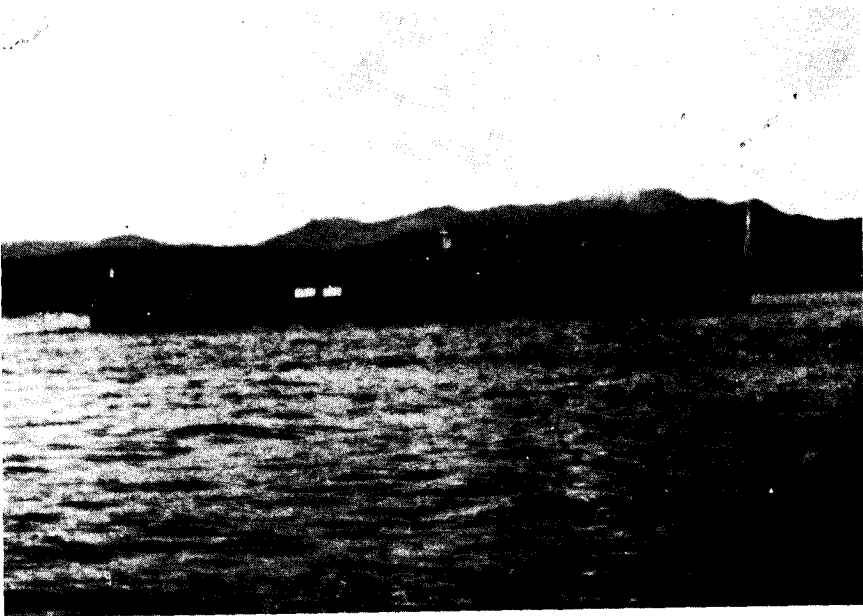


Photo. 5.5.2 View of the KAIMEI

Table 5.5.1 Various devices of wave energy converter in Japan

장 치 명 칭	개 발 기 관	설치방법	변환방법	장 치 치 수	원 리	개 발 현 황
1. 돌핀 (dolphin)계류식 파력발전 장치	日本綱管機	부체식	기계적	30 m(L)×40 m(W) ×4.5 m(H)	부체의 운동을 돌핀에 접속한 arm의 운동으로서 추출	1/10 모형 성능실험, 해상실험 계획중
2. 共振, 浮體式 발전 장치	Ocean Energy 개발機	부체식	수류터어빈	22 m(L)×1.2m(D)	부체와 해수와의 상대적인 운동을 이용하여 프로펠러를 회전시킴	1977년 해상실험 실시 1978년 개발중지 결정
3. 共振管式 파력발전 장치	Ocean Energy 개발機	고정식	수류터어빈	20 m(L)×3-8 m(D)	원통파이프 내의 수주의 진동에 의해 터어빈을 회전시킴	1/10 모형개발 실험
4. 진자식 파력발전 장치	日立造船機	고정식	기계적	5.5m(L)×3 m(W) ×3.5 m (수심)	파랑에 의해 동요하는 진자판의 운동으로서 추출	1/16 모형 성능안정 실험, 실효역 실험중
5. 파랑양수식 파력발전 장치	關西電力機	고정식	수류터어빈	120m(L)×70 m (W)	일파를 貯留하여 超低落差 터어빈을 회전시킴	1/30 모형 실험
6. 파력수차식 파력발전 장치	室蘭工業大學	고정식	수류터어빈	2.3m(L)×8m(D) ×5.65m(H)	수로 중의 잉부수류에 의해 savon-ius형 터어빈을 회전시킴	1/10 모형 성능실험, 실효역 실험중
7. 돌핀계류 비대칭형상 부체식 파력발전 장치	橫濱國立大	부체식	기계적	1.8m(W)×1.4m(H)	부체의 상하동으로 접속된 유압기구를 구동시킴	실효역 실험
8. 수압헤머 (lever)식 파력발전 장치	内田綜合技術開發研究所機	고정식	기계적	개구부 220 m(W) 248 m(L)	收斂堤에 의해 가속된 수류에 의해 진자식 레버를 진동시켜 수압펌프를 구동시킴	1/100-1/20 모형 실험, 실효역 실험
9. 쇼 피스톤식 파력발전 장치	川崎重工機	부체식	기계적	5,000 m×320 m 해역에 10 m mesh로 1,600개 의 부체	부체의 운동에 의해 해저에 설치한 수압펌프를 구동함	이론해석
10. 공기터어빈식 파력발전 장치 (KAIMEI)	JAMSTEC 機	부체식	공기터어빈	80 m(L)×12m(W)	부체에 설치된 공기실내의 수주의 진동에 의한 잉부공기류로 공기터어빈을 구동시킴	실효역 실험
11. 공진형 연인파력 변환 장치	해양산업연구회機	고정식	공기터어빈	공기실 20 m(W)×7.5m(D) ×8 m(H)	케이슨에 설치된 공기실내의 수주의 진동에 의한 잉부공기류로 공기터어빈을 구동시킴	1/25 모형 성능실험, 해상실험 계획중

등 정부기관이나 학계에서 模型水槽나 實海域試驗을 통해 波力研究를 실시하고 있으나 아직 실용화 단계에는 이르지 못했다 (Table 5.5.2 參照). 영국정부는 1980/81년 예산시점에서 지원대상을 이들 여러장치중 다음의 3가지 장치, Lancaster의 공기푸대방식, Bristol의 振動円筒方式 및 NEL과 Vickers社의 振動水柱方式 (O.W.C)에만 한정하기로 결정하였다.

5.5.3 美 國

現在 에너지省이 助成하고 있는 波浪에너지에 관한 研究테마와 實施者 및 機關은 다음과 같다.

1) 波浪에너지 資源의 研究 (Wave Energy Resource Study)

..... Prof. W. J. Pierson Jr., New York 州立大學

2) 波의 屈折集中의 研究 (Wave Refracting Focusing)

..... Mr. Lester Wirt, Lockheed California社

3) 變換裝置의 研究 (Rational Conversion Device)

..... Mr. James Ringrese, Wave Cooperation

4) Hesitant Hecuing Device

..... Dr. Larry Slotta, Oregon 州立大學

5) 波浪에너지의 比較研究 (Comparative Wave Energy Study)

..... Prof. C.C. Mei, MIT

6) 世界의 波浪에너지에 관한 研究 (International Wave Energy Study)

..... Prof. M. E. Mccormick, U.S 海軍 아카데미

또한 미국의 록히드社는 Table 5.4.1 및 Fig. 5.4.1 (19)에 나타난 Dam Atoll 이라 불리는 方式을 개발하고 있다. 이 방식은 直徑 70 m 이상의 돔 (dome) 狀의 콘크리트製 浮遊構造物을 海面下에 沈設, 取入口로부터 끌어 들어진 海水를 약 20 m 下의 터어빈에 공급하여 發電하는 것으로 이 방식 1基로 1.2 MW의 발전이 가

Table 5.5.2. Various devices of wave energy converter in U. K.

장 치 명 칭	개 발 기 관	설치방법	변환방법	장 치 치 수	원 리	개 발 현 황
1. Lancaster의 공기 푸대 방식	Lancaster 대학	부 체 식	공기터어빈	200 m(L)	파랑에 의해 팽창수축하는 공기 푸대로부터의 공기류로 터어빈을 회전시킴	1997 년 연구개시
2. Bristol의 진동원 통방식	Bristol 대학	부 체 식 (殺水型)	기 계 적	50 m(L)×12 m(D)	원통부이를 강체적으로 잠기게 해, 파랑에 의한 제류 로프의 장력변동을 기계에 너지로 변환함.	1978 년 실험개시
3. NEL의 진동수주방 식 (O.W.C)	NEL	고 정 식	공기터어빈	15 m(L) 4대	일본의 KAIMEI 방식과 동일	1974 년 연구개시
4. Belfast: Buoy	Queen 대학	부 체 식	공기터어빈	25 m(D)×1.5 m(W)	파력발전 부이와 동일하나 Wells turbine 을 이용하고 있음.	1977 년 실험역 실험 (직경 4.5 m 모형 45 kw)
5. Salter: Duck	Edinburgh 대학	부 체 식	기 계 적	26 m(L)	1 본의 원통 beam에 장치된 비매칭 부체 (Duck 라 명칭)에 의해 운동하 고, 부체내의 gyro 를 통해 에너지를 추출함.	1977 년 1/10모형 실험 역실험 (Ness 호, 2.5 m Duck × 20 개)
6. Cockerell: Raft	Wave Power 회사	부 체 식	기 계 적	100 m(L)×50m(W)	hinge로 결합된 raft 가 파랑의 움직임에 추종하여 굴곡해 hinge 부이 용 수평 포를 구동함.	1978 년 1/10 모형 실험 해역실험 (Sorrento 해협)
7. HRS의 정류방식	HRS	고 정 식	수류터어빈		逆止 밸브를 이용, 파의 썰일때 고수조에 물을 유입하고 파의 솟일 때는 저수조에서 방출하는 장치로 양수조의 수위차를 이용하여 수력터어빈을 회전 시킴.	1979 년 연구중지
8. CLAM	SEA - Lanchester	부 체 식	공기터어빈	300 m(L)	공기 푸대를 본체의 부체와 전면진 동판으로 샌드위치상으로 삽입하는 구조로, 공기 푸대의 신축에 따라 공기터어빈을 회전시킴.	1976년 연구개시
9. Vicker의 쌍자식 진동수주방식	Vickers	고 정 식 (殺水型)	공기터어빈	32m(L)×22 m(W) ×1.7 m(H)	O.W.C를 병렬로 설치, 양공기실의 압력차를 이용하여 공기터어빈을 회전함.	1977년 연구개시
10. Vicker의 Cham-ber	Vickers	부 체 식 (殺水型)	공기터어빈	120 m(L)×10 m(W) ×10 m(H)	파랑의 진행에 따라 내부에 가두어진 공기가 유동해 공기터어빈을 회전시킴.	1977년 연구개시

능하다고 한다.

5.5.4 노르웨이

波力發電에 관한 주요 연구기관으로는 1) Kvoerner Brug A/S, 2) The Norwegian Institute of Technology, 3) The River and Harbour Laboratory, 4) Central Institute for Industrial Research 등이 있다. 이들 機關에서의 주된 연구는 世界의 파랑에너지裝置의 調査이지만, 독자적으로 개발한 發電 裝置로서는 작은 유니트單位의 부이式 變換裝置가 있다. 그밖에 주목할만한 것으로는 海中에 수많은 三角柱를 세워, 波의 屈折을 이용하여 陸地의 어느 한점에 파랑에너지를 高波高로서 收斂시키는 방법이 연구되고 있으나 상세한 것은 不明이다.

5.5.5 其他國家

스웨덴에서는 1975년에 國立에너지資源局이 설립되어 1976년에는 波力에너지研究그룹이 발족해 연구를 개시하였다. 이 그룹의 主된 연구기관은 Chalmers 工科大學으로, 연구내용은 파랑에너지調査外에 소규모 부이式 에너지變換裝置의 연구를 행하고 있다.

其他, 西獨의 Harald Kayser 등을 중심으로 한 연구그룹이 1976年頃부터 floating式 變換裝置의 연구를 실시하고 있으며, 캐나다 McMaster 大學의 Prof. W. Janes 등의 그룹, 이탈리아 A. Blandino 등을 중심으로 한 그룹들이 연구를 수행중에 있다.

5.5.6 韓 國

우리나라가 波力發電에 관심을 갖게 된 것은 3면이 바다로 둘러싸인 좋은 입지조건을 갖고 있기 때문이며, 특히 東海岸이 비교적 水深이 깊고 파도가 높아 波力發電에 매우 유리한 입장에 있다. 우리나라에서도 第2次 石油波動으로 인한 代替에너지자원 開發事業의 일환으로 海洋研究所가 1979年 第1段階 波力發電

에 관한 基礎調查研究를 實施한 바 있고, 1982 年에 第2 段階 調查事業을 遂行하였다. 이의 연구결과에 의하면, 우리나라 全沿岸에서의 波力부존량은 約 500 萬kw 로 이의 절반 이상이 東海岸에 부존되어 있다(Fig.5.5.1 參照). 波力發電의 最適 후보지로는 동해안 중부이남 해역으로서 특히 厚浦와 울릉도 近海가 제일 적합한 지역으로 밝혀졌으며, '82 年 후포해역에 대한 현장정밀조사를 실시한 결과, 月平均 波力密度는 계절에 따라 현저한 차이가 있어 여름에는 1.1KW/m, 겨울에는 4.4 KW/m였고, 年間 平均 波力부존량은 단위 폭당 약 44 GWh/m로 밝혀졌다.

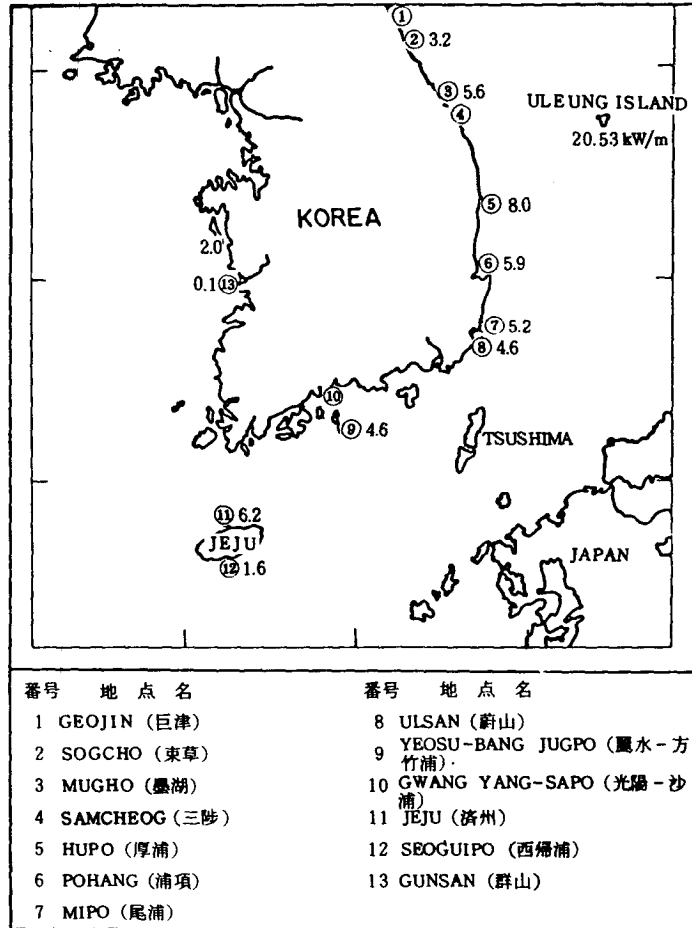


Fig. 5.5.1 Wave power densities in Korean coast

第 6 節 經濟性的 評價

波力은 무궁무진한 海洋의 부존에너지 자원이다. 이미 言及한 바와 같이 소규모 波力發電은 이미 實用化 段階에 있고, 大規模 波力發電의 開發도 現在까지 많은 進展을 보이고 있다. 또한 力에 관심이 큰 나라들은 前述한 波力の 長點 및 弱點들을 최대한 고려하여 大規模 波力發電을 다목적으로 開發하기 위해서 熱을 올리고 있다. 世界 各 分野의 技術水準은 놀라울 정도로 향상일로에 있고 上記한 問題點에 對하여 各國에서 繼續的인 研究가 成功的으로 遂行되고 있어 멀지 않은 장래에 多目的 波力發電이 開發될 것으로 尙料된다.

이같이 海洋開發과 波浪에너지와의 複合利用을 추진한다면 波浪에너지의 經濟的 價値는 대폭 上昇할 것이다.

Table 5.6.1에 英國이 研究開發중에 있는 7方式에 대한 에너지 코스트를 비교한 例가 제시되어 있다. 여기서 發電設備容量은 각각 2 GW로 陸上系統으로 送電하는 것을 목적으로 해 試算하였다. 各方式에 대해 콘설탄트會社의 평가와 개발팀 自身이 실시한 평가를 비교하여 나타내었다. 코스트의 評價項目은 1) Structure, 2) Mechanical and Electrical, 3) Installation and Mooring, 4) Power Collection and Transmission, 5) Maintenance Costs 의 5項目 外에 6) Device Efficiencies, 7) Installed Capacity 등의 모두 7項目을 主眼點으로 하여 이를 다시금 상세히 검토하여 평가하고 있다. 表에 의하면 콘설탄트會社의 綜合評價는 개발팀의 평가에 비해 엄격해, 1.5~2.0 倍의 코스트 상승을 나타내고 있다. 그러나 項目에 따라서는 反對의 현상도 나타나 오히려 콘설탄트會社가 저렴한 것도 있다. 콘설탄트會社에 의한 에너지 코스트는 方式에 따라 다르지만 KWh當 5.6~15.5 P로 分布하고 있다.

以上은 英國의 例이지만, 노르웨이, 스웨덴의 경우는 파랑에너지利用의 目的이 英國의 大規模集中型에 의한 陸上系統에의 送電임에 비해, 小規模分散型으로 自國

Table 5.6.1 Present costs of wave energy in the U. K.

A Review OF The Programme
June 1975-March 1982

	DUCK		BOC		LFB		SEA C		NEL B/W		VIC ATT		QUB	
	RPT	DT	RPT	DT	RPT	DT	RPT	DT	RPT	DT	RPT	DT	RPT	DT
Structure	1554	1296	488	480	2456	1677	1841	1641	1358	1232	1814	1664	2850	2074
M & E	843	635	1199	378	961	1571	849	559	793	576	529	531	1520	540
INST & MRG	211	123	1776	2242	783	625	273	271	1018	630	983	983	2090	1849
PC & T	460	230	710	409	1068	740	1015	519	603	264	832	832	760	270
TOT CAP	3068	2284	4173	3509	5268	4613	3978	2990	3772	2702	4158	3964	7220	4733
MAINT/Annum	68	9	35	90	47	54.5	61	30	46	41	48	33	104	7.3
D	39	38	46	385	17.4	16.7	23	37.4	55	55	15	32	57	25
PTO/AV	83	73	66	68	71	73	65	65	72	78	71	71	67	67
Power in	54	59.3	47.8	47.8	51	52	51.3	50	29.6	29.6	36.2	36.2	41.7	41.7
Depth	100	100	42	45	75	75	90	80	21	21	25	25	30	30
Inst Cap	2.39	2.25	2.16	2.95	2.85	2.69	3.41	3.41	2.74	2.63	3.18	3.18	2.85	2.34
No of Devices	956	864	444	444	356	336	341	320	589	589	756	756	1900	1500
MAO	5.21	5.75	3.37	4.16	4.2	4.35	5.28	5.55	3.56	3.55	4.23	4.96	4.18	5.25
G-P COE	5.5	3	9.8	8.2	10	8.9	6.5	4.4	8.8	6.6	8.1	6.3	14.7	6.4
COE	5.6	3.3	10.2	8.6	10.4	9.1	6.7	4.4	9.3	6.3	8.7	6.3	15.5	7.3

의 에너지源이라고 하기보다는 化石에너지資源을 갖고 있지 않는 開發途上國에의 기술원조를 목적으로 하고 있기 때문에, 발전코스트의 추산은 抽出方式과 設置法에 따라 달라지지만 25p ~ 11b / KWh 로 분포하고 있다.

우리나라는 아직 본격적인 波力發電 開發段階까지에는 와 있지 않으나, 先進國에서는 '90年代 前半에 波力發電을 實用化할 것이 틀림없어, 우리도 世界에 과시하는 造船技術을 바탕으로 先進技術의 導入과 自體技術의 개발을 통해 問題點을 해결해 간다면 波力發電 實用化에 앞장 설 수도 있을 것이다.

第7節 環境影響評價와 波及效果

波力發電裝置에는 浮體式構造物과 固定式構造物을 이용하는 것으로 大別되어진다. 浮體式은 다시 鎖(chain)係留인가, 돌핀(dolphine)係留인가로 분류되며, 固定式도 外海型인가 海岸型인가로 나뉜다. 또 그의 形狀·크기도 海岸線에 평행으로 連續하는 것과 點狀으로 분포하는 경우가 있다. 이같은 形式의 차이에 따라 環境에의 영향도 달라진다.

海岸의 護岸堤나 港口의 防波堤로 겸용되는 型의 경우에는 環境영향평가는 一應 고려하지 않아도 좋기때문에 여기서는 外海側에 海岸線과 평행하게 설치되는 浮體式構造物의 경우를 주로 想定하여 環境영향 評價面에서 고려해야 할 事項들을 열거해 보자.

波力發電裝置에 의한 영향은 첫째 設置海域에의 波의 패턴을 변화시킨다. 裝置의 파랑에너지 吸收特性에 따라 入射波의 에네지스펙트럼이 變化하여 해안에 이르게 된다. 波의 변화에 의한 環境에의 영향으로서는 海岸에 관한 것이 있다. 다시말해 波에 의한 地形의 侵食現象(erosion)의 감소에 따른 汀線의 變化, 漂砂의 變化 등이 생각되어진다. 係留裝置가 있는 경우에는 潮流의 作用에 의한 海底의 洗掘이 문제가 된다. 固定式의 구조물을 이용할 경우는 汀線, 海底域은 潮流에 대

한 영향이 더욱 커질 것이다.

또한 波力發電裝置에 대한 生物附着의 영향도 무시할 수는 없으며, 또 漁業에의 영향도 고려치 않으면 안된다. 外海側에 해안선과 평행하게 설치된 浮體式構造物의 列이, 그 해역에서 成育해 回遊하는 魚의 行動에 영향을 미칠 것인가 아닌가는 個個의 魚種生態에 따라 고찰하지 않으면 안된다.

한편 浮體式構造物이 魚礁로서 集魚效果를 가져올 경우도 있고, 또 背後海域이 靜穩化됨으로써 人工養魚場으로서 海域을 이용할 수 있다는 利點도 존재한다. 固定式의 구조물에서는 흐름에 대한 影響이 浮體式보다 크기때문에 魚의 生態에 대한 영향도 클것으로 생각된다. 이야 어떻다 할지라도 구조물을 설치하기 前에는 반드시 調査・檢討가 필요하다.

波力發電裝置의 환경영향으로서 가장 큰 것은 航行船舶에 대한 障害이다. 構造物自體가 長大할 뿐만아니라 係留裝置가 利用海域을 더욱 擴大시킴으로써 航路標識의 정비나 航路를 위한 裝置間隔의 확보등이 불가결하다. 또 船舶의 충돌대책이나 계류장치의 破斷에 따른 구조물의 流失을 방지하는 대책을 강구해 둠이 필요하다.

波力發電裝置에서 陸上으로의 에너지傳送에는 海底케이블이 이용되고 있지만, 이 케이블保護를 위해 海底에 埋設할 필요성도 예상된다. 이 경우, 환경에 대한 영향을 조사할 필요가 있으며 또 매설하지 않을 경우에는 底引漁網이나 선박의 정박시의 앙카等に 의해 케이블이 손상을 입지 않도록 漁船의 操業이나 船舶의 停泊을 규제할 필요가 있다.

波力發電裝置를 설치함으로써 地域社會에 미치는 波及效果로서는 新에너지源利用의 産業育成, 化石燃料代替에 따른 經濟性的 向上安定이 기대된다. 또 장치의 保守, 管理라는 새로운 職種의 등장도 地域社會에 好影響을 미치게 될 것이다.

이들 效果는 파력발전以外的 海洋에너지 利用裝置와도 共通된다.

파력발전은 특히 消波裝置로서도 尤호하며 背後地의 利用擴大가 기대된다. 즉

養殖漁業이나 海洋性레크레이션으로 이용할 수 있는 海面이 擴大될 것이다.

海洋의 利用이 날로 擴大, 大型의 해양구조물에 의한 海上都市, 콤비나트 등이 실현될 경우에는 이들 구조물에 대한 波浪制御裝置가 필요하며, 波力發電裝置가 이같은 구조물의 하나의 subsystem으로서 기능을 다할 것으로 기대되고 있다.

第 6 章 海洋溫度差發電

第 1 節 資源量과 立地條件

6.1.1 資源量

海洋溫度차에너지는 表層溫도와 深度 500 ~ 800 m의 深層冷水溫도와의 差異에서 求해지며 그 資源量은 海洋온도차발전 (OTEC: Ocean Thermal Energy Conversion) 시스템의 經濟的, 技術的 條件 및 環境 impact 條件등과 크게 의존하고 있으므로 이를 精確히 추정한다는 것은 불가능하다. 따라서 現時點에서는 大 假定條件下에 量的推算이 이루어지고 있으며, 資源의 量的論議에 있어서는 그 假定條件을 充分 認識해 두지 않으면 안된다.

G. L. Wick & W. R. Schmitt 는 氷結하지 않은 海洋全體 ($3 \times 10^{14} m^3$)를 대상으로 그 表層과 深度 400 m에서의 冷水와의 平均溫度差 $\Delta T = 12^\circ C$ 로 하여 潛在 資源量을 산출하였다. 表層水의 두께를 100 m로 하면 여기에 포함되어 있는 에너지量 $E = \rho VC\Delta T$ (단, ρ : 密度, V : 體積, C : 比熱, ΔT : 溫度差)는 15×10^{23} joule 로 推算된다. 이는 處理熱量이므로 海洋온도차발전의 效率 ~ 4%를 곱해 $P = 2 \times 10^{12} W$ 를 資源量으로서 간주하고 있다. 그런데 效率 4%는 다소 過大 評價로서, 正味出力을 基礎로 하면 正味效率 2.1% 정도가 적당하다고 생각되어 자원량으로서 $P = 10^{12} W$ 가 얻어진다.

또 C. Zener 는 ± 20 度の 緯度에서 發電出力 P 를 얻었을 경우, 近似的으로 $P = 60 \delta T \times 10^9 KW/^\circ C$ 라는 式을 誘導, 이 海역의 海水溫度를 $1^\circ C$ 내림으로써 600 億 KW의 電力이 얻어진다고 試算하고 있다. 環境에 있어 $1^\circ C$ 의 變化는 커어 現實的인 值로서 $0.01^\circ C$ 를 고려하면 資源量은 6 億 KW로 된다.

黑潮는 赤道附近의 熱에너지를 연속적으로 日本近海로 운반하는 역할을 하고 있

다. 黑潮로부터 해양온도차발전에 의한 전력으로서 1億KW를 추출할 수 있다고 想定하면 效率 $\eta = 3.3\%$, 黑潮의 平均流量을 4,000 萬 ml/s 로 가정해 볼때 黑潮의 溫度를 0.02°C내림으로써 所期의 발전량을 얻을 수 있다.

Fig. 6.1.1에 美에너지省이 산출한 世界의 溫度差에너지의 分布狀況이 나타나 있다. 그림에서 알수 있듯이, 緯度 20度以下の 低緯度地帶가 海洋溫度差發電의 適地라고 할 수 있으며 미국의 남동해역, 칼리브근해, 브라질근해, 아프리카 서해안, 하와이근해 및 태평양諸群島등이 이에 속한다.

6.1.2 立地條件

發電플랜트의 設置點으로서 만족해야 할 必要條件은 다음과 같다.

(1) 1年間中에 溫度差 ΔT 가 15°C以上인 時期가 상당기간동안 존재할 것.

이는 經濟性의 관점에서 稼動率, cost factor에 의해 평가된다.

(2) 漁業權이 미치는 海域이 아니어야 할 것. 陸上型해양온도차발전에 적합한 地點으로서는 取排水管의 敷設에 있어 어업권과의 관계가 야기될 가능성이 있기 때문이다.

(3) 航路 및 演習海域을 피할 것.

(4) 海底火山附近을 피할 것. 陸上設置型에서는 특히 取水管이 해저에 장시간 부설되기 때문에 注意를 要함.

(5) 海流의 强流域은 피할 것.

設置海域의 우선순위를 결정하는 要因은 發電플랜트의 경제적, 技術적要因과 發電後의 電力利用等 주로 사회적 및 자연환경적 要因으로 구분된다. 우선 발전플랜트側의 要因을 大別해 보면 1) 發電出力, 稼動率의 규모, 2) 海洋構造物에 관한 技術적문제로 나뉘지며 前者는 設置點에서의 계절적 溫度變動과 冷海水取水深度와 관계한다. 冷水取水深度는 가동율을 위시한 出力의 규모에 영향을 미친다. 後者의 海洋구조물은 그 係留(位置保持) 및 敷設工事を 포함시킨다면 發電플랜

ΔT BETWEEN SURFACE AND 1000 METER DEPTH

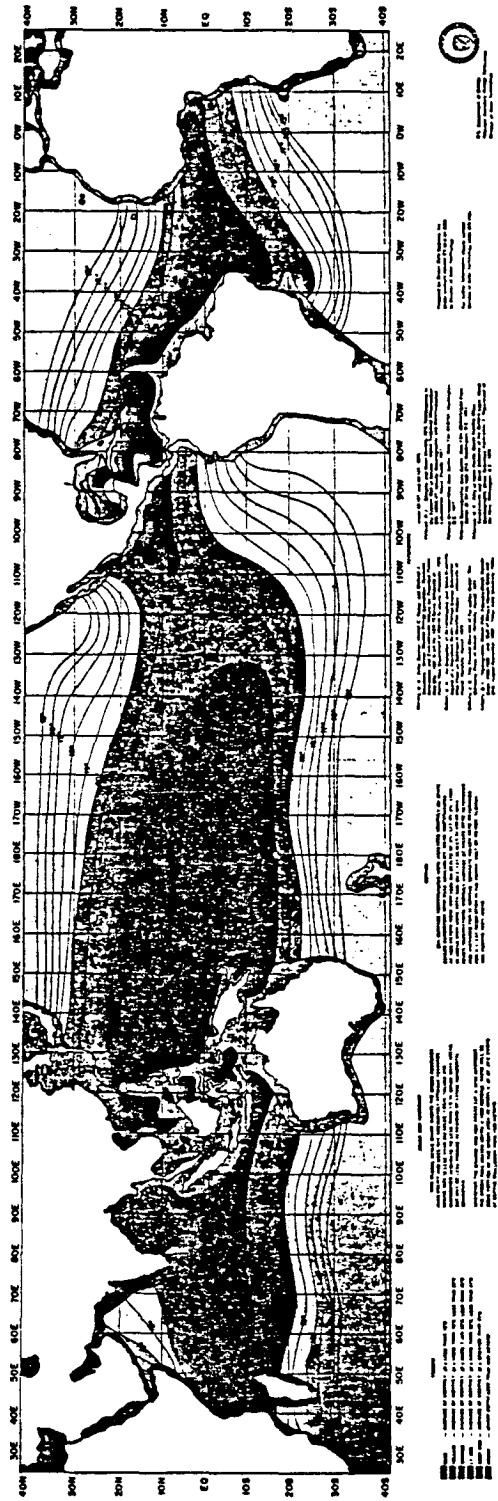


Fig. 6.1.1 Worldwide distribution of OTEC thermal resources

트의 건설코스트중에서 큰 比重을 차지하게 된다. 波高, 波周期, 潮流等の 海象 및 風速, 台風頻度等の 氣象條件, 또한 係留나 電力케이블을 考慮할 時的 海底地質等이 選定評價를 위한 指標로 된다.

電力利用等 社會的要因을 大別하면 1) 建設, 保守, 2) 電力需要의 장래성, 3) 漁場, 航路等에의 影響有無로 나뉜다. 1)의 建設·보수는 陸上까지의 距離가 근접해야 함과 동시에 인근에 港口나 發電플랜트의 컴포넌트나 改造補修, 建設等이 가능한 工業地帶가 근처에 있는가 어떤가가 문제이며 事故等の 對應時間등 플랜트의 稼動率에도 영향을 미친다. 2)는 落島등에 送電할 경우, 장래 電力利用 産業이 신장될 可能性의 素地가 있는지 어떤지가 문제이며 設置의 우선순위 결정에 있어 하나의 요인으로 된다.

第2節 計測의 項目과 技術

우선 計測의 目的을 資源全體의 개략적인 파악이 아닌 發電시스템의 設置를 前提로 한 것으로 한다.

計測에 있어서는 圖上調査에 의해 해당해역의 特性을 어느정도 파악한 후, 現地 調査計測을 실시한다.

(1) 地形, 地質調査

범위는 플랜트設置候補點의 周圍半徑 3 km 해역으로 한다. 명확하게 후보점을 결정할 수 없을 경우에는 西方 20 km정도로 한다.

地形; 沿岸地形, 海底地形 ... 音波探查 等

地質; 底質成分, 粗度, 堆積層두께 ... Dredge 調査, 音波探查 等

(2) 流況調査

表層, - 50, - 100, - 200, - 400, - 600, - 800, - 1,000 m 정도의 間격에 따라 海流, 潮流 및 潮汐等の 流況調査를 실시한다.

(3) 波浪調査

波浪 ; 波高, 周期 ... Waverider buoy

(4) 水溫, 水質調査

鉛直方向分布 및 水平方向을 流況調査보다 상세하게 관측한다. 즉, 수온, 수질의 立體的構造를 파악하기 위해서이다.

水溫 ; 溫度, 變動幅 (時間的, 月別, 季節別) ... STD 鉛直連續觀測

水質 ; 鹽分, 榮養鹽類, pH, 溶存酸素, 크로로필

(5) 生物調査

動物플랑크톤을 네트 (net) 로 採集, 分析한다. 植物플랑크톤을 採水法으로 採集, 分析하여 鉛直分析을 구한다 (季節別).

벤티스 (benthos), 넥톤 (nekton) 에 대해 賦存量, 種類, 組成, 生産力, 棲息條件, 産卵海域, 食物連鎖構造 등을 명확히 한다.

(6) 氣象調査

기온, 풍향, 풍속, 강수량, 日射量, 日照時間의 通年데이터를 수집한다. 過去 最大台風時의 氣象, 海象條件 等도 조사한다.

(7) 周邊地域 環境調査

주변지역의 社會環境調査 (인구, 산업구성, 전력수요예측, 需要패턴, 航路, 레저施設 等)

(8) 位置計測

모든 物理, 化學, 生物諸量의 계측의 기초로 제공되는 중요한 항목으로서 人工衛星等의 活用이 장려된다.

Fig. 6.2.1 에 海洋溫度差發電시스템과 海洋計測과의 관계가 나타나 있다.

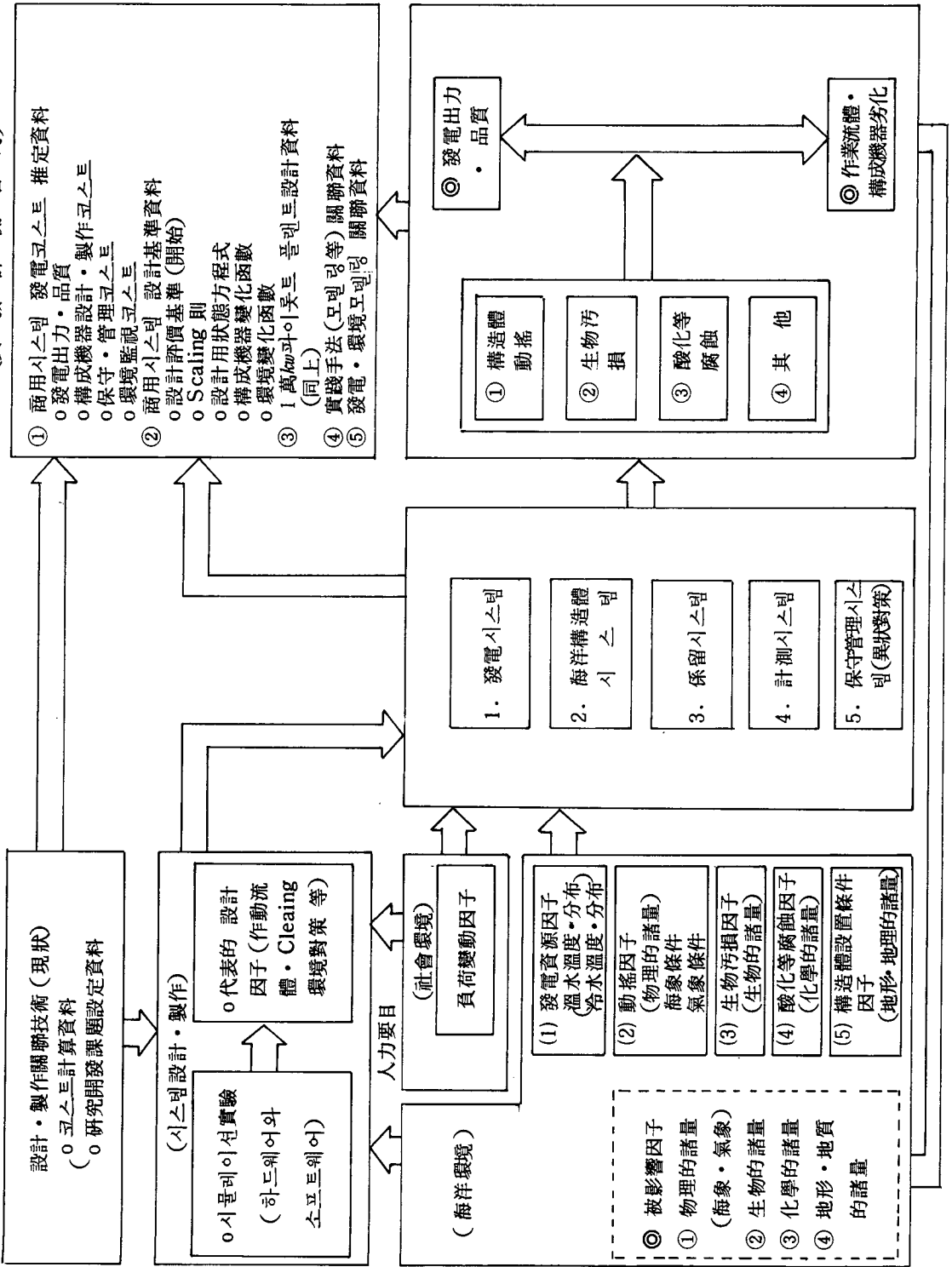


Fig. 6.2.1 Relationship between OTEC power system and measurements

第3節 資料集積의 現狀

海面으로부터 海面下의 어느 깊이까지의 水溫데이터는 다음 두가지 觀測에 의해 얻어진다.

(1) 各層觀測(Oceanographic serial observation) : 海面에서 어느 깊이까지(0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500 m以下 500 m마다) 所定深度의 水溫值가 얻어진다.

(2) BT 觀測(Bathy thermograph observation) : BT에는 MBT(Mechanical BT)와 XBT(Expendable BT)의 2種類가 있으며, 前者는 海面에서 250 m까지, 後者는 海面에서 450 m 혹은 1,800 m까지의 水深에 대하여 水溫이 連續值로 얻어진다.

世界各國의 海洋調查機關에 의해 지금까지 실시된 各層觀測이나 BT 觀測의 總數는 不明이지만, 世界海洋資料센터(World Data Center : WDC)에 集積된 利用可能한 데이터數는 各層觀測이 약 69萬測點, MBT 觀測이 26萬測點, XBT 觀測이 2萬測點에 달해 疎密의 差는 있지만 全海洋을 카버하고 있다. Fig.6.3.1, 6.3.2, 6.3.3에 각각의 測點數를 全海洋의 緯度, 經度の 5度間격으로 나타내었다.

海洋에서 各深度의 水溫值를 얻고자 할 때에는 먼저 自國이 各層觀測이나 BT 觀測을 실시하고 있을 경우는 自國의 NODC(National Oceanographic Data Center)나 DNA(Designated National Agency)에 要求하면 된다. 自國의 데이터量이 적어 要求를 만족시키지 못할 경우나 上記觀測을 행하고 있지 않을 경우에는 UNE-SCO下에 있는 IOC中の IODE(International Oceanographic Data Exchange)시스템을 이용하여 WDC에 要求하면 데이터를 수집할 수가 있다. WDC는 2個所로서 WDC-A는 워싱턴에, WDC-B는 모스크바에 있다. 參考로 그 住所는 다음과 같다.

WDC-A : National Oceanic and Atmospheric Administration

Washington, D.C. 20235, U.S.A.

WDC-B : Moloderhnaya 3

Moscow 117-296, U.S.S.R.

第4節 原理와 技術의 問題點

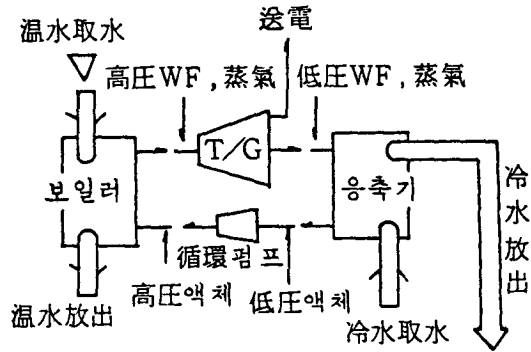
6.4.1 原理

赤道부근 해역의 海洋표층수는 태양에너지에 의해 加熱되어 水溫이 30 °C 前後로 되며 수심 600 m 정도의 심층부에서의 水溫은 5 °C 전후이다. 따라서 해면 표층의 해수를 高溫源으로 하고 심층의 해수를 低溫源으로 하여 그 사이에서 熱 cycle 를 행하면 에너지를 抽出할 수 있다.

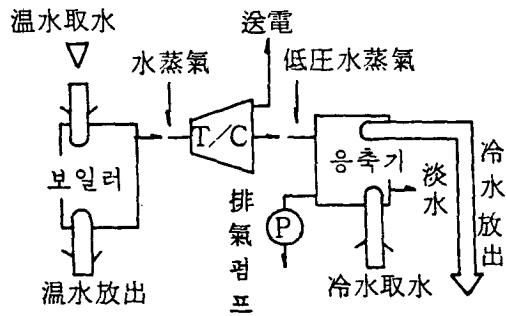
이 발전방식으로는 作動流體를 海水로 하는 open cycle system과 해수가 아닌 암모니아, 프로판, 부탄 등을 作動유체로 하는 closed cycle system의 두 種類가 있으나 發電을 主體로 할 경우에는 closed cycle 이 적합하다.

Closed cycle system의 原理가 Fig. 6.4.1-(a)에 圖示되어 있는데 이 시스템의 基本概念은 화력이나 原子力發電과 동등하다. 즉 蒸發器에서 표층해수를 이용해 作動유체를 증발해 터빈을 回轉시켜 發電한다. 그리하여 터빈에서 나온 蒸氣를 심층해수로 凝縮器에서 液化하여 펌프로 다시 증발기에 보낸다. 이 과정을 反復하면 石油, 石炭이나 우라늄 같은 燃料를 사용하지 않고서도 발전할 수가 있다. Fig. 6.4.1-(b)는 open cycle system 발전방식으로 해수만을 直接的으로 이용하는 것인데, 이 방식은 동시에 淡水를 생산할 수 있는 장점이 있다. Closed cycle system도 Fig. 6.4.1-(c)와 같이 凝縮機의 冷排水와 증발기에서 나오는 溫排水를 이용하여 용이하게 淡水를 얻을 수가 있다.

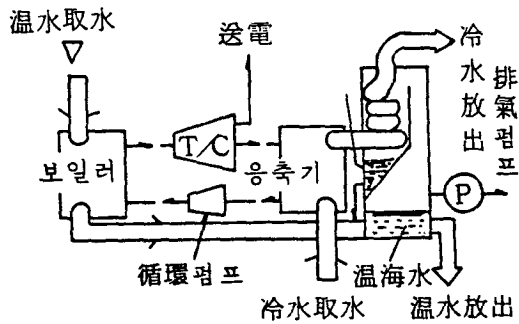
한편, 海洋構造物의 方式으로서 設置方式, 係留方式에 따라서는 Fig.6.4.2와 같이 분류되어진다.



〈 a 〉 二流體 (closed-cycle) 시스템 발전방식



〈 b 〉 單一流體 (open-cycle) 시스템 발전방식



〈 c 〉 담수생산가능二流體시스템발전방식

Fig. 6.4.1 Concepts of OTEC power generation

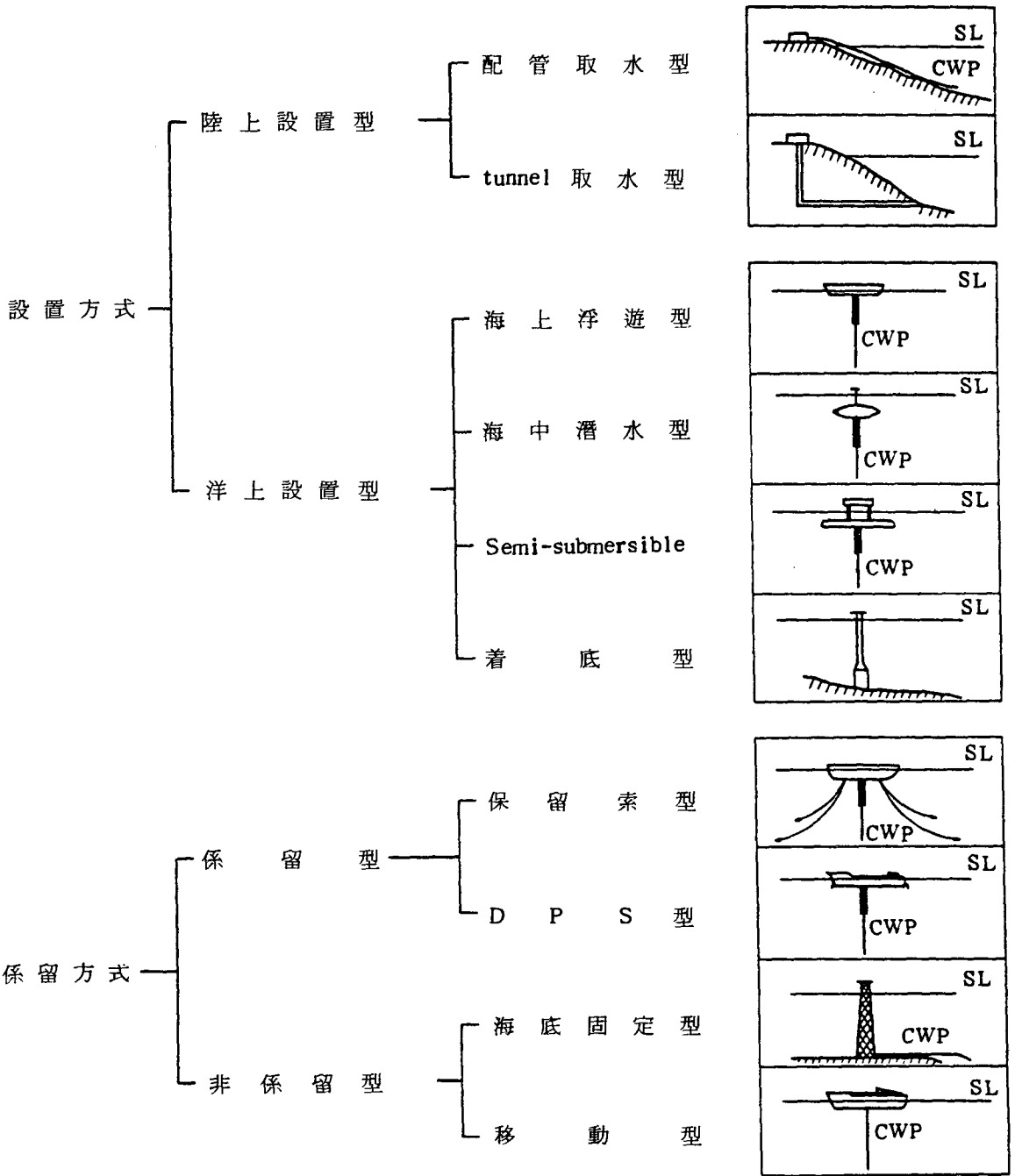


Fig. 6.4.2 Classification of OTEC system from the point of oceanic structures

6.4.2 海洋溫度差發電시스템技術의 體系와 技術의 課題

먼저, 시스템(closed-cycle 방식)의 體系는 Fig.6.4.3 과 같다.

해양溫度差發電技術은 시스템의 체계에서 알수 있듯이, 發電시스템과 이를 格納하는 海洋構造體시스템(取排水管, 送電 subsystem을 包含) 및 이를 둘러싼 海洋環境(入力條件, 環境影響評價)으로 大別될 수 있으며, 이들이 淸分 유기적으로 結合되어 시스템化되지 않으면 안된다.

따라서 個個의 要素技術과 그 開發은 상호 緊密한 關係를 취하는 가운데 研究開發을 추진하지 않으면 안된다. 相互의 연계를 취한다는 特性은 어느 研究開發에 있어서도 必要한 것이지만 特히 本시스템에서는 發電시스템과 海洋시스템間에는 기술적인 面에서 꽤 異質의 分野이며 서로 技術개발의 어프로치도 不同, 또 상호 要求가 相反할 경우가 많다. 예를들어, 海洋構造體側 입장에서는 冷水取水管은 少口徑으로 짧을수록 좋지만, 發電시스템側의 溫度差, 壓力損失이란 側面에서는 大口徑, 長尺이어야 하는 요구도 있어 무언가 妥協點을 찾지 않으면 안된다. 그러므로 他시스템에 比해 시스템化 技術이 대단히 중요하다.

研究開發은 Phase에 의해 그 레벨의 概略을 把握할 수가 있다. Fig. 6.4.4에 나타난 바와 같이 Pre-Phase부터 商用플랜트稼動인 Phase IV까지로 分類되고 있다. 現在의 海洋溫度差發電시스템은 概略 Phase I에서 II의 단계로 이동되고 있다고 볼 수 있다.

今後의 技術開發課題와 그 特徵設定에 關係 정리해 보면 Table 6.4.1 과 같다. 海洋溫度差플랜트가 實用化되기까지에는 아직도 해결해야 할 問題들이 많다. 海洋溫度差發電裝置에서 經濟性을 크게 左右하는 가장 중요한 요소인 熱交換器와 터빈, 펌프 및 防食材質 등의 改善를 통해서 전체적인 效率를 높이고 플랜트의 설계도 經濟적으로 더욱 유리하도록 改善하여야 한다. 그리고 建設에 關聯되는 문제점들과 海洋溫度差에너지의 多目的 利用方法등에 關係해서도 더욱 검토되어야 한다.

	課 題 國 內 容	海洋溫度差發電		
		日 本	美 國	佛
Phase 以前	提案・Idea・計算 實驗室에서의 idea 實 證			
Phase 0	實驗室에서의 要素研究 System 概念設計 實驗室에서의 system實驗 Impact assessment			
Phase I	立地研究 System 最適化 實海域小規模 test System 基本設計 環境 assessment			
Phase II	System 詳細設計 實海域 test plant 實驗 評 價			
Phase III	Demonstration plant 實 驗			
Phase IV	商用Plant 가동			

Fig. 6.4.4

OTEC R & D Phase evaluation

Table 6.4.1 Technical problems of OTEC

基本的問題의分析

課 題		基本的課題를 解決함에 있어 不充分한 原因	技術的基本機能의 未熟에 起因한 것		大規模化에 起因한 것	海洋空間이라는 特殊環境에 起因한 것	
			性能	耐久性			
發 電 시 스 템	closed cycle	熱 交 換 器 媒 體 側 高 性 能 化	○		○	○	
		海 水 側 "	○	○			
		生 物 污 損 對 策 shell & tube			○	○	
		shell & plate	○	○	○		
		터 어 빈 軸 seal 의 完 全 化					○
		發 電 시 스템 全 體 의 效 率 化				○	○
	암 모 니 아 安 全 對 策 의 完 全 化			○	○		
스 템	open cycle	熱 交 換 器 凝 縮 器 에 서 의 不 凝 縮 氣 體 의 除 去	○		○	○	
		터 어 빈 blade 材 料		○	○		
		시 스템 制 御	○		○	○	
	熱 電 高 性 能 熱 電 材 料	○					
海 洋 構 造 體 시 스 템		海 洋 構 造 體 潛 水 型			○		
		冷 水 取 水 管 材 料			○		
		施 工 法			○		
		接 合 部		○			
		係 留 送 電 케 이 블 bottom cable		○	○	○	○
	riser cable	○	○	○	○		
	(接 合 部 를 包 含)						
環 影 響 評 價	冷 排 水 plume 과 溫 度 構 造 의 把 握 , 大 規 模 利 用 과 氣 象 · 海 象 에 의 impact		○		○		
		生 物 圈 에 의 impact	○		○		

現在 技術的인 問題點들이 점차 해결되어 가고 있으므로 數十年後에는 未來에너지源의 일익을 담당할 것으로 기대된다.

第 5 節 技術開發의 動向

해수의 表層과 深層간의 20℃前後의 水溫差를 이용하여 發電하는 海洋溫度差發電시스템은 지금으로부터 100년전에 이미 着案되었다. 1926年 프랑스의 G.Claude가 최초로 실용화를 試圖한 以後, 佛·海洋에너지開發公團이 아프리카 서해안 상아海岸의 Abidjan에서 發電을 實驗해 보았지만 성공치 못하였다. 그 후 별다른 진전이 없다가 1973년 1次石油波動 이후부터 다시 研究가 개시, 그 開發速度가 加速化되어 美國과 日本에서 小規模의 洋上試驗이 실시되기에 이르렀다.

6.5.1 美 國

美國은 OTEC에 관해 가장 많은 技術開發과 研究實績을 갖고 있다.

1972년부터 國立科學財團(NSF:National Science Foundation)이 주로 海洋溫度差發電의 技術開發을 추진하여 왔으나, 1975년에 에너지開發廳(ERDA)이 設立된 후 '76년에는 ERDA가 OTEC開發計劃을 國家的 프로젝트로서 보다 積極的으로 추진하게 되었다. 그후 에너지省(DOE)이 조직되어 ERDA가 이에 吸收 現在 OTEC의 開發은 DOE의 太陽에너지研究所(SERI) 주관下에 실시되고 있다. 한편 Lockheed, GE, Westinghouse社 등 다수의 민간기업들도 여러해 동안 상당한 投資를 하며 이에 관한 研究活動에 積極的으로 參與해 오고 있다. 또한 Argonne 國立研究所(ANL)에서도 熱交換器의 性能검토를 위해 4基의 simulation plant를 제작, 연구중에 있다.

最近 하와이州와 Lockheed 및 Dillingham Corp.社 등 OTEC開發그룹은 1979년 8월 하와이섬 Keahole Point 海上에서 Mini-OTEC 발전 장치의 實驗에 성공

하였다 (Fig.6.5.1 參照). 이는 洋上에서의 closed cycle를 이용한 세계최초의 實驗으로서 OTEC 개발에 일대 전기를 마련하였다.

Mini-OTEC의 諸元은 Table 6.5.1 과 같으며, 바아지는 美海軍으로부터 借用한 것으로, 熱交換器는 스웨덴製의 plate 型을 사용하고 있는데, 材質은 티탄(Ti) 製로 면적은 증발기, 凝縮器 모두 38 m²이다. lay-out 동안의 總出力은 50KW였으나 펌프에 자체 소비된 所內動力이 通常 32.3KW, 最大 44.5 KW로서 正味出力은 最大 17.7KW, 最小 5.5 KW였다.

한편 美에너지省(DOE)은 또 다른 OTEC-1을 建造(1 MWe 상당의 熱 loop 試驗船), 1981年 1月부터 3개월간 Keahole에서 海上實驗을 실시하였다. 이는 1,000KW상당의 암모니아 熱 loop로서 터어빈·발전기를 갖추지 않고 代身 減壓발브를 갖춰 실제로 발전은 不可能했다. OTEC-1은 環境에 대한 影響을 包含하여 OTEC의 특유한 문제를 實海域試驗에 의해 검증했다는데 그 意義가 크다.

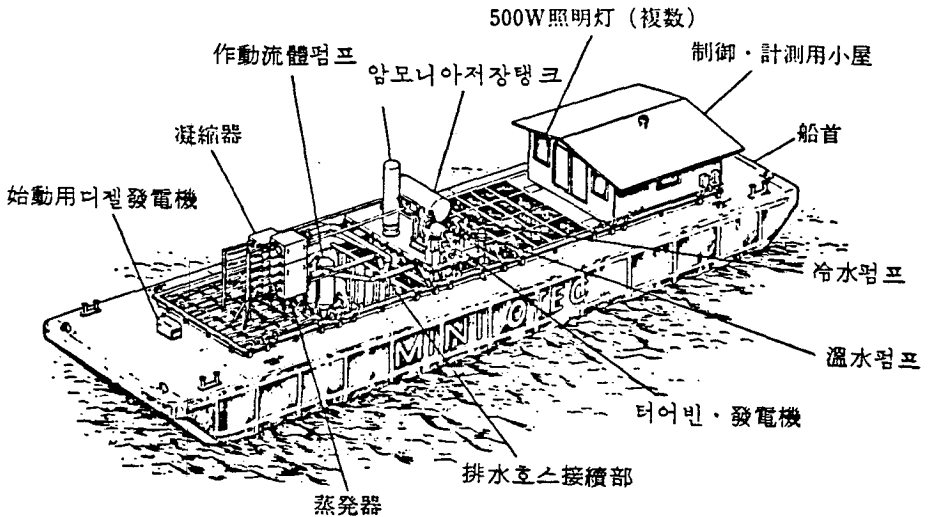


Fig. 6.5.1

Layout of MINI-OTEC

Table 6.5.1 Specification of MINI-OTEC

1. Barge	
길이	37 m
폭	10 m
중량	268 ton
2. 시스템機器	
作動流體	암모니아 (流量 2.5 kg/ sec)
熱交換器	plate 型
面 積	37.9 m ²
材 質	titanium
터 어 빈	radial
回 轉 數	28,200 rpm
3. 冷水取水管	
길 이	663 m
直 徑	0.6 m
材 質	polyethylene
流 量	2,700 ~ 3,300 gpm
溫 度	5 °C
4. 溫水溫度	24 ~ 27 °C

美에너지省은 1982年 2月 正味出力 40MWe 급 Pilot plant 의 概念設計를 GE社와 Ocean Thermal社의 2個社에 發注, 大規模 商用플랜트의 실현에 한걸음 다가섰고 (Table 6.5.2 參照), '84년까지 약 130萬달러를 投入, FRP材料實驗을 통한 冷却水 取水管의 開發과 함께 계류장치, 플랫폼 등 의 模型水槽試驗을 중점적으로 실시하고 있다.

Table 6.5.2 Proposals for 40 MWe OTEC Pilot plant

40MWe 파이롯트플랜트 型	設置海域	主擔當機關	參加企業
海岸設置 (水深~8m)	Hawaii Oahu	Ocean Thermal Corp.	Dillingham TRW 등
沿岸着底式 OTEC/淡水化	Virgin 諸島 St. Croix	Virgin 諸島政府와 淡水·電力供給會社	TRW J.Ray Mc Dermott 등
落島用	北Mariana	Mariana 政府	Science Application Corp, Global Marine Inc.
沿岸着底式	Puerto Rico Punta Tuna	Puerto Rico 電力 公社	Brown & Root Westinghouse 등
沿岸타워 혹은浮遊式	Florida Key West	Florida OTEC 共同出資體	TRW
浮遊式	Hawaii 海域	Solaranco	Lockheed 社 등
海岸타워着底式 (水深~100m)	Hawaii Oahu	G.E	Brown & Root 등
浮遊式	Puerto Rico	Bethlehem Steel	Martin Marietta

6.5.2 日本

일본에서는 1970 ~ 71 년에 通産省후원으로 日本電機工業會內에 설치된 新發電方式 總合調査委員會에서 OTEC이 최초로 검토되었고, 1974 ~ 76 年에 걸쳐 工業技術院의 선샤인 (sunshine) 計劃의 일환으로 日本熱에너지技術協會內의 低熱落差發電委員會에서 조사연구를 수행하였다. 1976 年 이후에는 電子技術總合研究所와 佐賀大學이 主體로 되어 實驗室規模의 試驗을 계속하고 있다. 한편 民間會社인 東電設計는 1971 年부터 OTEC에 관해 여러가지 實驗을 추진해 왔으며, 赤道부근 남태평양에 위치한 조그마한 섬나라 나우르 (NAURU) 共和國에 沿岸立地의 OTEC 建設을 구상해 오던 중 1980 年 2 月에 土地收用을 신청, 試驗準備를着手하였다. 이는 우선 100KW의 設備로 實證試驗을 통해 OTEC 發電에 대한 可能性을

타진하는 것으로 1981年 10월에 運轉을 개시, '82年 8月까지 最大出力 120 KW, 正味出力 31.5KW의 試驗발전이 성공하였다(Table 6.5.3 參照). 이 발전소에서는 作動流體에 프레온 R22를 이용, 약 40度 勾配로 이루어진 수심 580 m의 岩礁에 實長 945 m, 直徑 약 70 cm의 硬質 폴리에틸렌 管을 布設하여 표층海水溫度 (27 ~ 29℃)와 深層海水溫度 (7 ~ 8℃)의 20℃의 溫度差에서 발전 하였다. (Fig.6.5.2 參照). 이의 건설에는 약 11 億엔이 소요되었고, 자세한 試驗成果에 대해서는 아직 발표된 바가 없으나 100 KW 試驗成果를 토대로 장차 단계적으로 2,500KW, 5,000KW 나아가 10,000KW급의 商用플랜트개발을 추진중에 있다 (Table 6.5.4 參照).

Table 6.5.3 Nominal conditions of Nauru 100Kw OTEC Plant

溫水入口溫度	℃	29.8
出 口	℃	27.3
流 量	t / h	1450
冷水入口溫度	℃	7.8
出 口	℃	10.6
流 量	t / h	1410
作動流體		프레온 22
蒸發溫度	℃	24.8
凝縮溫度	℃	13.1
流 量	t / h	74
發電出力(定格)	KW	100
溫水펌프	KW	27.8
冷水펌프	KW	43.3
프레온펌프	KW	15.3
送電端	KW	11.1

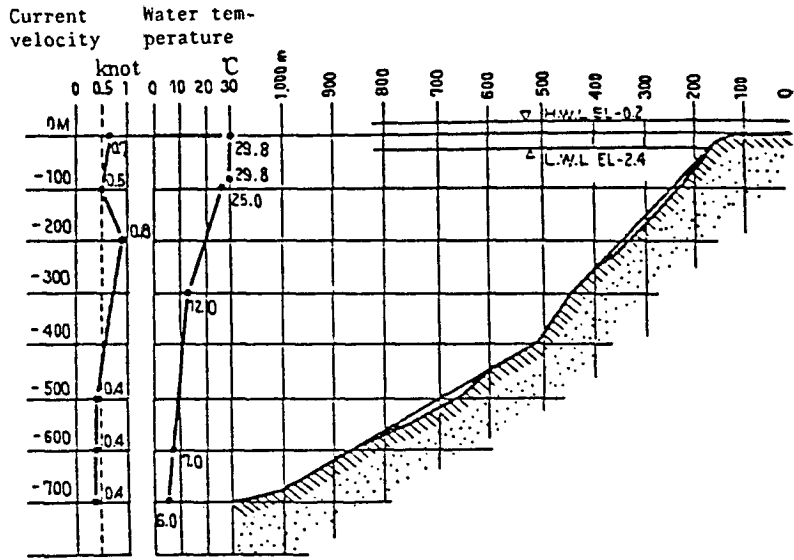


Fig. 6.5.2 Land section of sea floor and temperature distribution

한편 九州電力에서는 九州남서쪽에 위치한 德之島 (Tokunoshima) 를 대상으로 '82年末 OTEC 試驗運轉을 개시한 이래 지난 10월에 50KW 에의 出力向上試驗에 성공하여 세계 최초로 15일간의 연속운전을 달성하였다. 이의 건설에는 약6億엔이 소요되었다고 하며 '84년 여름까지 試驗을 계속하였다.

Table 6.5.4 Experiment schedule of OTEC Plant in Japan

	1980年	'82	'85	'90	'95	2000年
溫度差發電技術開發		1,000 KW test plant		10,000KW pilot plant	100,000 KW設計	
洋上設置・離島				約 26 地點		20 萬 KW
陸上設置・離島			約 6 地點	5 萬 KW		
洋上設置・一般電力				沖繩本島周邊海域 約 50 萬 KW		第一次 11 地點 110 萬 KW
陸上設置・一般電力					約 3 地點	
複合플랜트					陸上設置型	海上設置型

6.5.3 Europe

OTEC에 관한 유럽의 연구그룹이 1976년 EUROCEAN OTEC라는名稱으로 형성되었는데 이것은 스웨덴, 벨기에, 프랑스, 네덜란드 및 이태리등 5개국의 10개 會社들로 구성되어 있다. 이 EUROCEAN OTEC그룹의 주요 目的은 첫째, 100MW급 商用 OTEC 발전소의 발전단가계산, 둘째 생산된 에너지를 주어진 地域으로 輸送하는 최적방법의 결정, 셋째 15~25MW Pilot Plant건설에 앞서 수행되어야 할 R & D作業 및 特殊研究課題의 檢討確認, 넷째 OTEC개발에 관한 정보, 資料, 最新의 지식 및 調查結果의 수집 등이다. EUROCEAN OTEC 그룹은 1985年 이내로 25MW의 파일롯트 플랜트를 건설할 計劃을 推進中이다. 이에 대한 주요사업 내용은 4단계로 되어 있는데 1~2단계를 2年, 3단계인 건설을 3年, 그리고 나머지 4단계는 결과에 따라 策定될 예정이다.

한편 프랑스는 남태평양의 Tahiti 섬에 3,000KW급 발전소의 建設計劃案을 樹立한 바 있으나 아직 별 진전이 없다.

6.5.4 韓 國

우리나라에서는 海洋溫度差發電에 관해서 조사연구된 바가 전혀 없다. 日本 熱에너지技術協會의 資料에 의하면 우리나라 東海岸의 연안側에서 海洋溫度差發電에 의해 얻어질 수 있는 年間 發生可能量은 9,000億KWh나 되는 엄청난 量으로 밝혀졌다(Fig.6.5.3 參照).

우리나라 東海岸은 年中 表層과 深層간의 水溫差가 크며, 아열대 根源의 黑潮支流인 對馬海流가 남해안과 동해안을 스쳐가는 관계로 高溫의 아열대海水가 동해안 연안에도 存在해 유리한 조건을 갖추고 있다. 앞으로 조속한 時日內에 이러한 조건을 최대한 活用해야 할 것이며 沿岸側의 火力이나 原子力發電所의 廢熱인 溫排水를 이용하면 더욱 效率을 높일 수가 있어 海岸固定式 發電所도 고려해 볼만 하다.

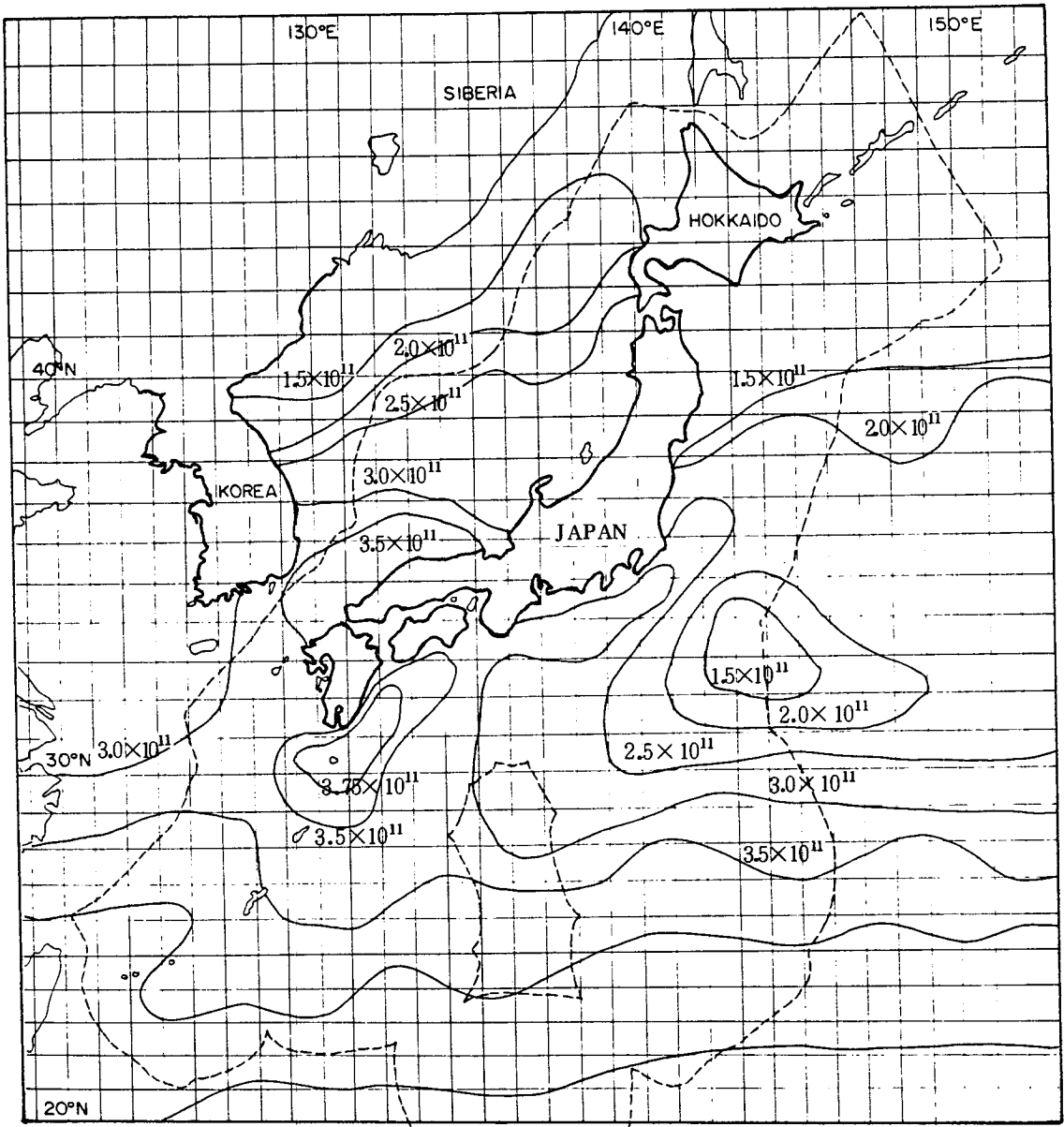
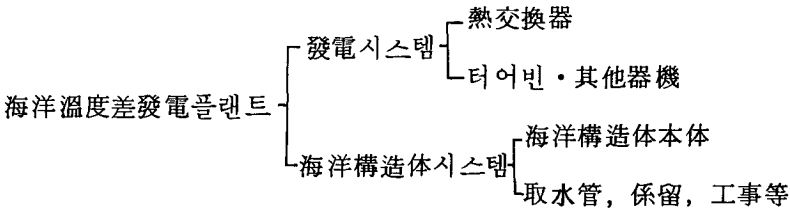


Fig. 6.5.3 Distribution of OTEC thermal resources at the near of Japan

第 6 節 經濟性的 評價

海洋溫度差發電시스템의 建設코스트는 發電시스템과 海洋構造体시스템이 관련하고 있는 것으로, 이中 특히 코스트比率이 높은 것은 熱交換器와 海洋構造体라 할 수 있다. 즉



으로 정리할 수 있다.

海洋溫度差發電의 經濟성에 대해서는 여러 관련기관에서 각각의 概念設計를 토대로 장래의 코스트를 試算하고 있는데, 그 一例로 1979 ~ 80 年에 걸친 試算結果를 Table 6.6.1 에 나타내었다. 이 表에서 建設코스트는 \$ 2,500 ~ 4,300/KW 의 범위에 있음을 알 수 있다.

發電코스트는 建設코스트 外에 年間經費 및 稼動率을 고려할 필요가 있다. 이를 파라메터로 하여 Table 6.6.2 에 分析, 정리하였는데 美國의 400 MWe의 경우는 56 ~ 122 mills /KWh , 日本의 75 MWe의 경우는 101 ~ 187 mills/ KWh 로 나타났다.

發電시스템全体的 코스트低減化를 위해서는

- (1) 各種 構成機器의 性能向上
- (2) 各種 新製造技術, 敷設技術의 研究開發
- (3) 低廉하고 長壽命材料의 研究開發

이 이루어져야 한다. 이中 무엇보다도 熱交換器의 코스트低減 및 콤팩트화가 가장 중요하다. 이를 위한 條件으로는

Table 6.6.1 Evaluation of construction cost

(Unit : \$ / KW)

Items		Reference	EPRI	TRW PSD I	TRW PSD II	ETL
Net power output		(MW)	400	400	400	74.2
Power system	Heat exchanger		846	1,190	671	2,028
	Others		346	600	642	988
Oceanic structures system	Platform		863	413	738	1,318
	Others		442	771	771	
Total of construction cost			2,497	2,974	2,822	4,334

Table 6.6.2 Comparison of electricity cost at bus bar

(Unit : \$ / KWh)

Items		Reference	EPRI	TRW PSD I	TRW PSD II	ETL
Annual investment rate 12 %	Capacity factor 70 %		0.056	0.066	0.062	0.101
	50 %		0.079	0.093	0.088	0.142
Annual investment rate 16 %	Capacity factor 70 %		0.075	0.088	0.083	0.133
	50 %		0.103	0.122	0.117	0.187

* Estimated cost in 1979 dollars

- (1) 高性能的으로 達傳達이 달성될 것
- (2) 壓力損失이 적을 것
- (3) 生物汚損防止 및 cleaning 技術을 確立할 것
- (4) 非티탄(Ti) 耐海水性·低價格材料技術의 確立
등을 들 수 있다.

第7節 環境影響評價와 波及效果

小規模의 海洋溫度差發電플랜트의 稼動에 따른 表層水, 深層水의 取排水에 의한 海洋環境에의 영향은 거의 없는 것으로 思料되지만, 實用化 大規模플랜트 (예를 들어 10萬KW 플랜트에서 冷水取水量은 約 220 t/s)가 長期에 걸쳐 稼動할 경우는 環境에의 impact에 대한 검토가 필요하다.

環境影響評價時에는 플랜트의 建設·設置段階때의 일시적인 環境改變과 運轉稼動때의 長期에 걸친 環境變化라는 2段階에 대해 考察할 필요가 있다. Table 6.7.1 과 Table 6.7.2에서 그 可能性 要因에 대해 考察하였다.

技術的 波及效果로서는 1) 低溫度差利用技術, 2) 深海係留技術, 3) 深海取水技術, 4) 海洋送電技術을 들 수 있다. 卽 1)은 各種 低溫排熱, 예를들면 水力發電 溫排水等を 電力으로 變換하는 技術에 適用可能하며 2)는 他海洋에너지, 海洋資源, 海洋空間等과 같은 海洋의 이용에 불가결한 技術이며 보다 大水深에서의 海洋利用技術의 기초가 될 것이다. 3)은 海底의 노출採取등 海洋資源의 活用に 기여하며 4)는 海洋橫斷의 大電力送電技術에 의한 相互電力連系網의 確立이나 他海洋에너지利用에의 파급이 예상된다.

Table 6.7.1 Potentiality of environmental impact of the construction stage

項目 段階	主要環境問題		內 容	被影響環境要素
建 設 項 目	公	水 質 汚 濁	建設工事中에 먼지發生, 廢油의 流出(沿岸플랜트)	水 質
	害	騒 音 , 振 動	土工機械, 덤프추력에 의한 騒音, 振動(沿岸플랜트)	周邊住民
	目	廢 棄 物	建設資材의 一部, 作業者로부터의 쓰레기等 廢棄	周邊住民 市邑面
設 自 然 環 境	海	海 洋 生 物 에 的 影 響	建設中の 먼지發生에 따른 影響等(沿岸플랜트)	魚類, 벤토스, 플랑크톤等
	陸	地 形 改 變	敷地造成에 따른 沿岸地形의 改變(沿岸플랜트)	地 形
	域	植 生, 鳥 獸, 自 然 公 園 等	沿岸地形에 수반한 植生の 伐採, 鳥獸等에의 影響等(沿岸플랜트)	植生, 鳥獸等
階 社 會 環 境		漁 業 에 的 影 響	水質汚濁에 따른 沿岸漁業에의 影響等	漁 民
		船 舶 交 通 에 的 影 響	建設資材의 海洋輸送에 따른 船舶	船 舶 交 通
		陸 上 交 通 에 的 影 響	交通에의 影響, 陸上輸送에 따른 陸上交通에의 影響等	陸 上 交 通

Table 6.7.2 Environmental assessment

검토해야할 影響要素		Impact 의 種類	Impact 의 可能性 內容	
自然環境	氣圈	大氣質	水溫·密度·流況의 變化	氣候에의 影響
		氣溫	水溫·流況의 變化	氣溫의 變化
	水圈	水溫	深層·表層取水	水溫構造의 變化
		水質	同 上	鹽分密度·榮養鹽類·DO 등의 分布의 變化
		流況	同 上	流況의 變化
	海洋圈	海洋構造	水溫·鹽分·密度構造·流況의 變化	海洋構造의 變化, 內部波의 發達에 의한 局所의 鉛直混合
		生物圈	플랑크톤	表層플랑크톤의 連行導入
	深層플랑크톤의 連行導入			深層플랑크톤(주로 動物플랑크톤)
	넵톤		넵톤의 連行導入	넵톤의 生理的 生態的(行動) 變化 및 弊死·減耕
			流況의 變化	回遊經路, 群構成의 變化
벤토스	中深海벤토스의 連行導入		벤토스의 生理的· 生態的變化 및 弊死·減耕	
藻類	流況의 變化, 底質環境의 變化	벤토스, 群構成의 變化, 再生産率의 變化		
	表層取水	藻類分布域, 分布特性的 變化		
社會環境	社會圈	漁業	漁獲種을 包含한 生物相의 變化	生産量의 影響
			流況·海況의 變化	操業패턴의 變化, 操業率의 變化
	環境圈	航路	流況·海況의 變化	航路의 變更(漁船等小型船舶)
		海洋레저 스포츠	流況·海況의 變化	海域空間·行動範圍의 減少
		生物相의 變化	利用行動空間의 制約, 減少	

第 7 章 其他 海洋에너지

一 海流(潮流)發電, 鹽度差發電, 海洋바이오매스(Biomass)에너지 一

이들 海洋에너지資源은 아직 초보적인 개발단계에 있어 여기에서는 간략히 소개만 하고자 한다.

第 1 節 海流(潮流)發電

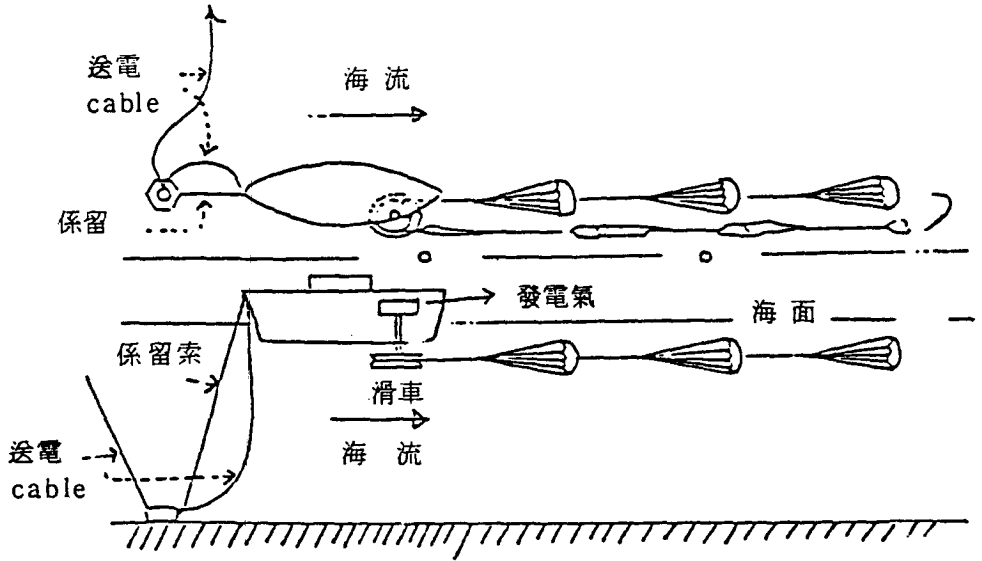
海流發電이란 陸上에서 바람을 이용하여 風車를 돌리는 것처럼 바다속에 큰 프로펠라식 터빈을 매달고 海流를 利用하여 이를 돌려 電氣를 일으키게 하는 것으로 主된 發電方式은 Table 7.1.1 과 같다. 이러한 海流는 특히 大洋의 서쪽 沿岸에서 강하게 흐르게 되며 (海洋學에서는 이를 코리올리스 영향(Coriolis Effect)이라 함) 大西洋의 서쪽인 미국의 동부해안을 흐르는 멕시코灣流와 太平洋의 서쪽을 흐르는 日本의 구로시오(黑潮)海流가 그 좋은 例이다.

코리올리스 프로젝트(Coriolis project)라고 부르는 美國의 海流發電 事業計劃은 한개의 무게가 6천톤이나 되는 거대한 發電機를 사용하여 約 2億 5千萬KW의 電氣를 얻을 수 있다고 展望하고 있으며 우선 플로리다州(Florida) 沿岸에 지름이 170 m나 되는 초대형 발전기 242대를 설치하여 約 2千萬KW를 발전하도록 되어 있다. 그러나 海流의 계절적인 속도 變化와 발전기의 維持管理, 고장 수리를 위한 가동 정지시간등을 고려하여 平均 發電量은 約 1千萬KW로 보고 있다.

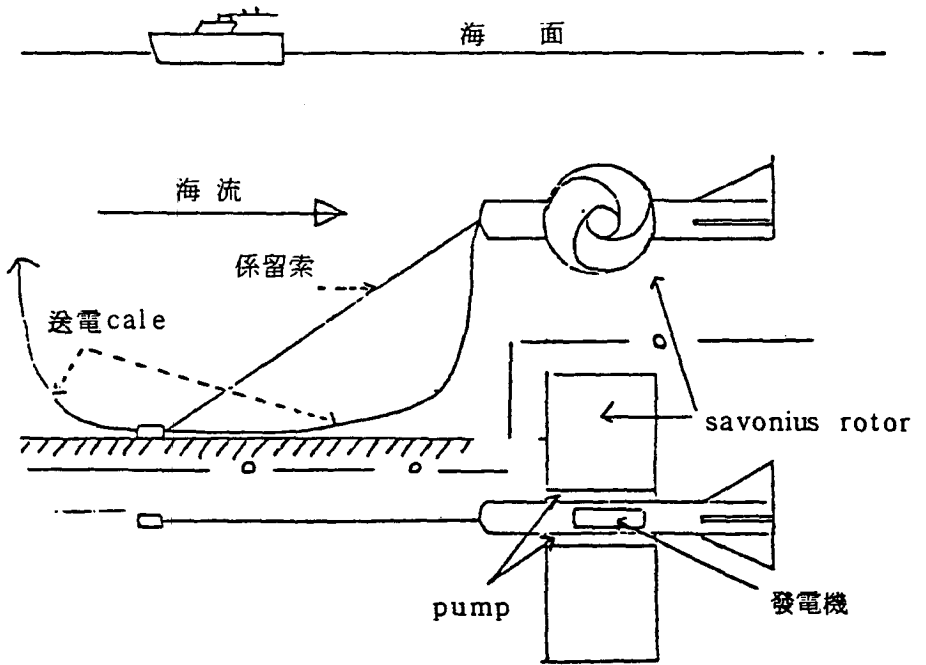
Table 7.1.1 Ocean and tidal currents power generation system

方式名	發案者	主된 內容 및 問題點
Savonius rotor 利用方式	海法泰治	Savonius rotor의 回轉動力에 의해 펌프를 驅動시켜 增速流를 얻어 tubular 水車등의 低流速發電機로서 發電을 하는 것이다. 펌프 驅動부와 保守技術등에 檢討의 여지가 있다.
Parachute 方式 WLVEC로 칭함 (Water Low Velocity Energy Converter)	G.E.Steel-man	環形的 케이블에 파라슈트를 裝着해, 天蓋部가 흐름을 받아 멈추는 負荷力에 의해 케이블을 회전시켜, 그 回轉力으로 發電을 하는 것이다. 流速의 變化에 대해 驅動하는가, 로프의 마찰은 어떠한가, 휘감길 우려는 없는가 등에 檢討의 여지가 있다.
Propeller 方式		風力發電과 동일한 方式이다. 流向의 變化에 대해 直角方向의 維持, 構造物의 固定, 保守技術등에 檢討의 여지가 있다.
全流向型縱軸 水車 方式	倉掛武雄 JAMSTEC 및 中部電力	海·潮流등 流向이나 流速이 安定치 않거나 流速이 적은 흐름에 대하여 全流向型으로 하고 날개를 可動으로 하여 反對의 위치에 올때 자동적으로 흐름의 힘을 받지 않도록 한 것이다. 2枚날개, 4段水車의 模型實驗에서는 流速 0.64 m / sec 에서 12.5 W의 出力이 얻어졌다.

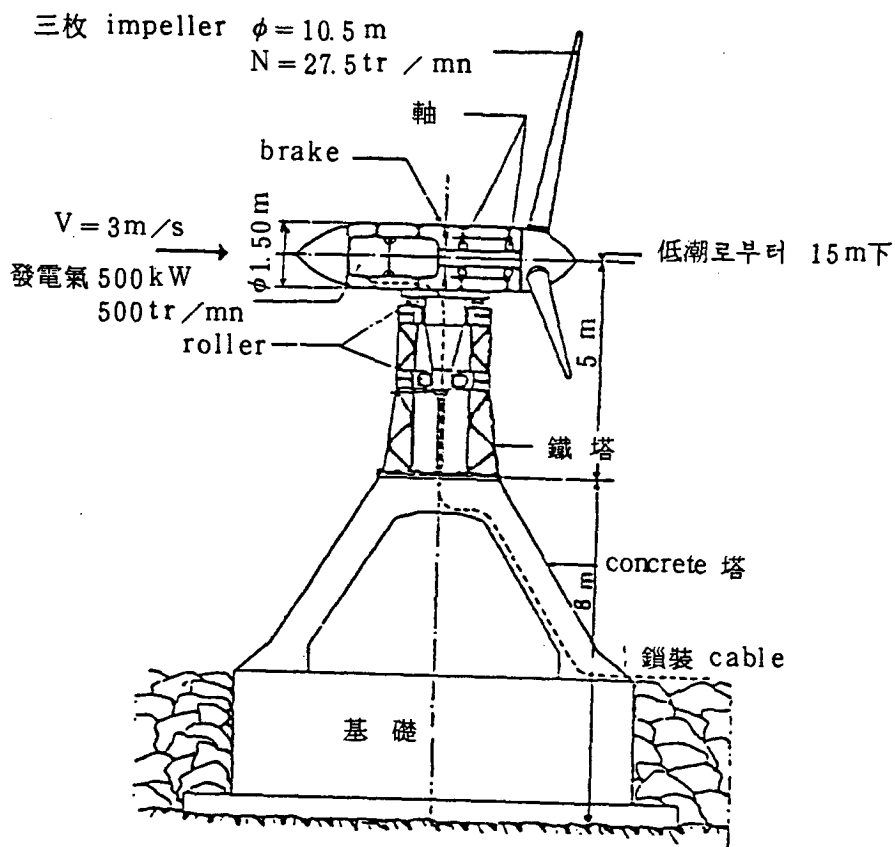
① Parachute 方式



② Savonius rotor 利用方式



③ Propeller 方式의 一例



④ 全流向型縱軸水車方式

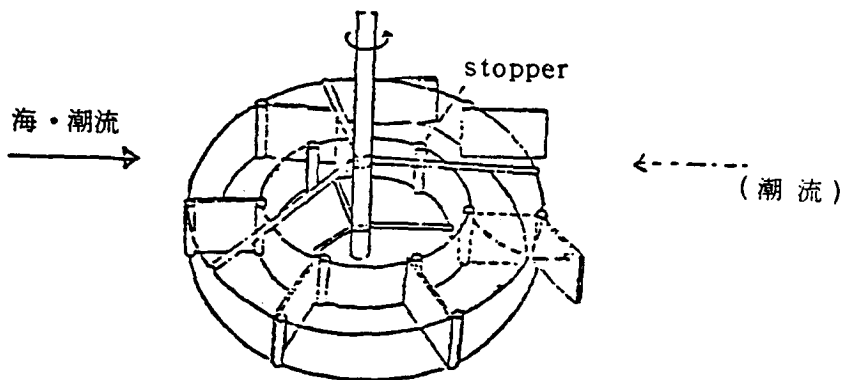


Fig. 7.1.1 Concepts of ocean and tidal currents power generation

1979年度 시세에 의하면 KW/시간당 발전비용이 約 24 원 정도로 原子力發電의 35 원 보다 훨씬 값싸고, 火力發電보다는 절반 이상이 싼 것으로 나타나 發電機製作에 엄청난 돈이 드는데도 불구하고 經濟性이 아주 좋은 것으로 判明되었다.

海洋에너지 研究에 적극적인 日本은 1983年 8月 카지마海峽 海上에서 행한 海流發電 시험에서 세계 최초로 海流를 利用하여 發電을 하는데 성공하였다. 日本 大學의 理工學部 교수인 宮城弘(미야기 히로시)씨가 이끄는 이 시험에서 海流의 흐름이 3노트에 달했을 때 최고 1,000 W의 전류를 발전했으며 日本 大學에서는 실용적인 발전기를 開發하기 위해 시험을 계속할 計劃이라 한다.

우리나라 西南海岸의 울돌목 또한 세계적으로 潮流가 빠른 地域으로 潮流發電의 最適候補地로 꼽히고 있으며, 日本 海流發電의 시험 성공은 우리의 可能性을 높여 주었으며 기대할 만 하다.

第2節 鹽度差發電

海水와 淡水와의 염분농도차를 利用하여 에너지를 얻는 鹽度差發電은 다른 海洋에너지 보다 그 역사가 짧으나 發電可能量이 가장 높은 것으로 알려졌다. 즉 강물과 바닷물이 마주치는 곳에서의 滲透壓 차이를 이용한 이 發電의 可能量은 約 3조W로 추산되고 있으며 남아메리카에 있는 아마존江 하구에서만 約 5千億W를 발전할 수 있다고 한다.

現在 開發되고 있는 염도차 발전방식에는 첫째, 半透膜을 사용하여 직접 海水와 淡水의 滲透壓 차이에서 생기는 압력으로 터빈을 돌리는 방식, 둘째, 海水와 淡水의 증기압력 차이를 이용하여 직접 발전하는 방식이다. 이의 開發에는 海水와 淡水 사이의 膜의 技術開發이 가장 重要한데 지금까지 開發된 半透膜은 生産費와 維持費가 너무 비싼 흠이 있으며 보다 堅固하고 싼 것의 開發이 시급하다. 그러나 아직 실험실의 단계를 못 벗어난 실정이며 開發만 되면 鹽度差發

電은 새로운 에너지원으로 크게 각광받게 될 것이다.

第3節 海洋바이오매스(Biomass)에너지

이는 潮汐, 波浪, 溫度差, 鹽度差 및 海流와는 전혀 다른 성질의 것으로 養殖 技術과 직결된다. 즉 방대한 海洋스페이스를 활용해 海洋牧場을 조성하여 다량의 海藻를 재배한 후, 수확한 해조를 발효하여 메탄가스를 발생시켜 이를 에너지로서 이용하려는 시스템을 말한다. 이미 美國에서는 1973年이래 Ocean Food & Energy Form으로 해군의 海中研究센터가 研究에 착수하였고 그후 美國가스협회가 GE社의 협력下에 남캘리포니아연안에 시험목장을 조성해 적극적인 研究開發에 임하고 있다.

第 8 章 結 論

앞서 말한 바와 같이 海洋에너지는 無限한 循環에너지資源으로서 汚染問題가 없는 無公害에너지資源이며 未來에너지資源이다. 오일쇼크以後 심각한 에너지波動을 겪은 세계각국은 각종 代替에너지 開發方案을 강구중에 있으며 特히 自然에너지로서 價値가 재인식되고 무한한 에너지자원인 海洋에서 필요한 에너지를 얻고자 하는 努力은 점차 進歩된 技術에 의해 實用化되어 우리의 관심을 모으고 있다.

실제, 海洋에너지利用技術中에서 이미 實用化되어 商用運轉이 행해지고 있는 것은 潮力發電과 小規模의 波力發電으로서, 아직 實用化 단계까지에는 이르지 못했으나 基礎研究段階를 거쳐 파이롯트플랜트에 의한 實證段階에 있는 것으로는 海洋溫度差發電과 中規模의 波力發電이 있다.

이 같이 海洋에너지利用이 실현되기 위해서는 資金의 調達, 人材의 育成, 그리고 産業技術의 基盤이 不可缺하며 特히 海洋에너지利用플랜트는 수많은 킴포넌트가 包含된 複雜한 시스템으로, 이 建設 및 運用에는 高度의 知識과 시스템技術이 축적됨으로써 可能하다.

위와 같이 海洋에너지利用開發에 있어서는 많은 制約이 따르나 우선 가장 중요한 것은 海洋의 實態와 그곳에서 일어나는 諸般現象에 관한 精確한 究明이며 昨今까지 어느정도 해명은 되었지만 만족할 만한 수준은 아니다. 앞으로 海洋의 시시각각 變化하는 實況을 알기 위해서는 地上의 氣象台와 같이 海上의 諸地點에 그곳의 氣象, 海象, 可能하면 地象도 시시각각 관측해 通報하는 이른바 海上氣象台의 설치가 廣大한 海洋의 곳곳에서 展開됨이 바람직하다.

한편, 우리나라와 같이 國內에너지 賦存資源이 빈약하고 三面이 海洋으로 둘러 쌓인 地理的 여건을 고려한다면 海洋에너지資源의 開發필요성은 두말할 여지없다. 西海岸은 세계적으로도 潮汐干滿의 差가 크고 水深도 얕을 뿐만 아니라 海

岸線의 굴곡이 심해 潮力發電의 立地로서 最適이다. 그리고 東海岸은 수심이 깊고 年中 파도발생 빈도가 높아 波力發電 立地로서 좋고, 東海로 北上하는 古로시오(黑潮)의 해류를 이용하면 南東海岸은 海洋溫度差發電도 고려할 수 있다. 또한 西南海岸 울돌목은 세계적으로 潮流가 빠른 地域으로 潮流發電의 최적 후보지로 각광을 받고 있다.

結論的으로 國內·外에서 본격적인 海洋에너지 開發의 歷史는 짧기 때문에 이것을 昇華發展시켜나가기 위해서는 海洋資源에 대한 一般國民의 觀心도와 國家의 적극적이고 지속적인 政策 및 投資아래에서 이의 개발을 體系的으로 추진해 나가야 할 것이다.

参 考 文 献

- 海洋研究所 1980. 波力發電에 관한 基礎調査研究, KORDI Rep. BSPE0020-31-2, pp.146.
- 海洋研究所 1984. 海洋政策動向, No. 4, pp. 50
- 海洋研究所 1985. 潮力發電, pp.182.
- 堀川清司 1973. 海岸工學, pp.304.
- 高野健三 1984. 海のエネルギー, pp.205.
- 梶川武信 1981. クローズド サイクル海洋溫度差發電の研究開發, pp.219.
- 省エネルギーセンター 1985. 省エネルギー便覽, pp.174.
- 電力中央研究所 1982. 海洋エネルギーの 發電利用の 可能性に 關する調査, pp.103.
- ECOR 日本委員會 1983. 海洋エネルギー利用に 關する 報告書, pp.146.
- Roger Henri Charlier 1980. Tidal Energy , pp.320.
- Harwell 1976. Energy from Sea Waves, pp.250.
- Kato W. et al. 1985. Proceeding of the International Symposium on Ocean Space Utilization '85 (I), 509 - 608