

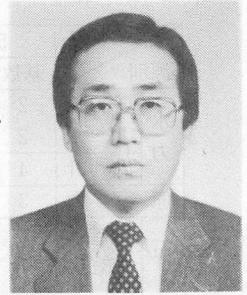
■ 展望・解説 ■

韓国の海洋エネルギー(潮力及び波力)開発状況

Korean Tidal and Wave Power Development Projects

安 熙 道*

Hee-Do Ahn



1. はじめに

今般、「エネルギー・資源」誌に「韓国の海洋エネルギー(潮力及び波力)開発状況」と言う表題で寄稿する機会を頂いて深く感謝している。力の及ばないのを悟りながら敢て筆をとった。本機会を通じて今後韓・日両国間の国際協力をもっと深くなるように期待致す次第である。

さて、韓国はアジア大陸の東北側に位置して居り、昔から半島国あるいは海洋国と言われている。このことは韓半島の三面が海に囲まれており、総延長約17,200kmにも及ぶ長い海岸線と国土面積の3倍を超える約68kmに達する広大な大陸棚などで象徴される。特に韓半島沿近海は昔から黄金漁場と呼ばれ、各種水産資源が豊富であり、また海洋エネルギー開発のための非常に良い海洋物理的特性を揃えている。

すなわち、西海岸(一名黄海)の海域は水深が浅く、潮汐干満の差は大きく、又海岸線の屈曲は甚だしいため潮力発電の立地条件としては最適である。その代わりに東海岸(一名日本海)の場合、水深は深くて干満の差異はほぼなく、年中高波浪の発生頻度は比較的に高いので波力発電の立地としてはとても良いところである。

一方南海岸は清浄海域として主に水産物の増養殖場に利用されている。ところで右水営(USUYONG)の海域は、潮流が速いため、潮流発電の候補地として考えられている。

本稿では、まず韓国における全体的な電源開発の現況について概観した後、今までの潮力及び波力の海洋エネルギーに対する研究内容の概要とその開発可能性について記すことにする。

図-1は参考までに韓国において海洋エネルギー開発候補地と他電源開発の位置を合わせて示したものであ



図-1 韓国における海洋エネルギー候補地と他電源開発位置図

る。

2. 韓国の電源開発現況

今まで韓国における電源開発は水力(50年代以前)→国産無煙炭(60年代中頃まで)→石油火力(70年代中頃まで)→原子力及び有煙炭火力(70年代中頃以後)のような発電用燃料の転換を経ながら二度にわたるエネルギー危機を克服し、今日の大規模な電力系統に成長した。特に1970年代中頃以後の刮目すべき経済成長によって、電力需要は毎年急増して来たが、国内賦存資源は限定されているためエネルギーの輸入依存度は次第に増加、石油依存度は1971年46%より1981年には75%に深化された。従って、政府は石油を代替するエネルギー源として原子力と石炭に重点をおき、これに基づいた長期電源開発計画を策定、現在実行中である。この計画を発電源ごとに調べると次のようである¹⁾(表1~6参照)。

* 韓国科学技術院海洋研究所海洋工学研究室前任研究員
〒171-04 大韓民国京畿道安山市半月工団私書箱29号

表1 発電所建設計画

源別	区分	5次(85-86)		6次(87-91)		7次(92-96)		計	
		基数	容量(千kW)	基数	容量(千kW)	基数	容量(千kW)	基数	容量(千kW)
水力	一般	2	418	8	568	—	—	10	986
	揚水	2	600	—	—	2	600	4	1,200
	小計	4	1,018	8	568	2	600	14	2,186
原子力		3	2,850	3	2,850	2	1,800	8	7,500
石炭	無煙炭		—	—	—	—	—		—
	有煙炭	(1)	(280)	1	500	11	5,500	13	6,280
	小計	(1)	(280)	1	500	11	5,500	13	6,280
石油		7	27	—	—	—	—	7	27
ガス		(6)	(1,850)	—	—	—	—	(6)	(1,850)
計		21	6,025	12	3,918	15	7,900	48	17,843
		(7)	(2,130)					(7)	(2,130)

表2 源別設備容量及び構成比

(単位: MW)

年度	水力	石油	無煙炭	有煙炭	LNG	原子力	計
'85	2,223 (13.8)	6,648 (41.2)	1,020 (6.3)	2,680 (16.6)	700 (4.3)	2,866 (17.8)	16,137
'86	2,217 (12.3)	4,820 (26.7)	1,050 (5.8)	2,680 (14.8)	2,550 (14.1)	4,766 (26.3)	18,083
'91	2,784 (12.8)	4,788 (22.0)	850 (3.9)	3,180 (14.6)	2,550 (11.7)	7,616 (35.0)	21,768
'96	3,384 (12.0)	3,758 (13.3)	725 (2.6)	8,680 (30.7)	2,300 (8.1)	9,416 (33.3)	28,263

表3 源別発電量及び構成比

(単位: GWH)

年度	水力	石油		無煙炭	有煙炭	原子力	LNG	揚水	計
		軽油	重油						
'85	3,659 (6.3)	318 (0.5)	19,646 (33.9)	2,848 (4.9)	14,791 (25.5)	16,745 (28.9)	—	—	58,007
'86	3,001 (4.6)	874 (1.3)	20,156 (31.1)	3,350 (5.2)	13,612 (21.0)	21,661 (33.4)	2,238 (3.4)	-2	64,890
'91	4,136 (4.3)	1,144 (1.2)	18,220 (18.8)	2,816 (2.9)	15,297 (15.8)	47,607 (49.2)	7,580 (7.8)	-5	96,795
'96	4,266 (3.1)	1,032 (0.7)	13,839 (10.0)	2,470 (1.8)	48,991 (35.5)	60,064 (43.6)	7,580 (5.5)	-301 (-0.2)	137,941

表4 長期投資計画 (単位: 億ウォン)

区分	年度	5次	6次	7次	計
		('85-'86)	('87-'91)	('92-'96)	
発電設備	水力	714	1,745	12,199	14,658
	火力	1,352	23,470	66,839	91,661
	原子力	19,141	17,131	21,469	57,741
	小計	21,207	42,346	100,507	164,060
逆配電設備		10,710	25,728	37,439	73,877
経常設備		1,509	2,248	2,500	6,257
総計		33,426	70,322	140,446	244,194

表5 経済指標 (単位: %)

年度	区分	GNP成長率	鉱工業成長率
成長率	87-91	7.0	8.7
	92-96	6.5	7.7
	97-2001	6.0	6.6

表6 燃料消費計画

年度	石油(千KL)		無煙炭 (千Ton)	有煙炭 (千Ton)	LNG (千Ton)
	軽油	重油			
'85	87	4,552	2,234	5,647	—
'86	242	4,873	2,525	4,855	403
'91	321	4,347	2,044	5,437	1,365
'96	287	3,274	1,741	17,355	1,365

まず、原子力の場合、現在5基(3,816kW)が運転中であり、4基(3,800kW)が建設中、また2基(1,800kW)が追加して計画されている。原子力は発電原価の面において燃料費の比重が低いためエネルギーの価格が上昇した場合にも原価上昇の恐れはなく、基底設備としての経済性や燃料確保と言う側面での優位性は持続させられる。

一方、石炭火力は原子力と共に適正量を基底設備として計画に反映してある。石炭は、その一部は輸入エネルギーではあるが、石油に比べてその埋蔵量が豊富であり、また価格も非常に安いいため原子力との相互補完的な電源として利用される。

石油火力はもうこれ以上の新規建設を考えていない。ところが、石油火力は他発電方式に比べ負荷変動に対する速応性が優れているため既存施設は中間負荷用の電源に活用し、一部は石炭燃焼や液化天然ガスの火力に改造されている。

今後、電力設備容量は表2のように現在の18,083MWから1996年には28,263MWに増加される見通しであるので、継続的な発電所の建設はもちろん、脱石油エネルギー政策の一環として海洋エネルギー開発に関する研究が遂行されている。

3. 韓国の海洋エネルギー開発状況

現在、エネルギー問題は全世界的に深刻化し、石油・石炭の代替あるいはそれを補うエネルギーとして自然エネルギーの開発が重要視されている。そして海洋における潮汐、波浪、潮流、海洋温度差などの持つエネルギーは莫大であり、その開発利用が強く期待されている。

韓国は三面が海で囲まれ、海洋エネルギー開発において恵まれた条件を持っている。東海はその面積が約107万km²で、沿岸から10海里以上行くと水深200m以上の深さになり、海底は複雑で急傾斜になる。最深部の水深は3,762m、平均水深は1,530mである。水温は中・下層とも1℃以下、塩分濃度34‰の東海の固有水塊があり、海流はこの固有水塊の上方を流れている。さらに北上する暖流は冬期に東海中部海域で右旋回して、日本の沿岸流と混じる。

一方、西海は水深が浅く、平均水深は44m、最深部は103mであり、潮汐干満の差が甚だしく、干潟地の殆んどが西海岸にある。塩分濃度は33‰と低く、季節によって水温と塩分濃度の変化は大きい。

南海における水温は夏期の暖流勢力の強い際には30℃以上になり、冬期にも10℃以下に低くなることはなく、塩分濃度は黒潮の主流より低く、西海より高い。

このような良い条件下にあるにも拘らず、韓国における海洋エネルギーの開発歴史はごく短い。1973年第一次石油危機をきっかけに海洋エネルギーの利用方案が積極的に検討され始めた。

以下に、韓国において今までの海洋エネルギー開発の研究成果について述べる。

3.1 潮力発電の研究開発現況

韓国の西海岸一円における平均潮差は図-2に示されているように約5m以上であり、特に仁川の京畿湾において大潮差は8mにも達し、潮力発電のための最適な地域であると言えよう。

潮力発電に関する最初の開発計画は1920年頃に日本人によって仁川湾一帯にて検討された。その当時朝鮮総督府は朝鮮半島一円を対象にして、特に潮力資源の賦存量の調査目的で潮汐観測が行われ、1930年には江華島外側の潮力発電計画案を提示、総166万kWの賦存量を確認した²⁾。その後、1960年代までには朝鮮電業(株)などの機関によって潮力発電に関する研究検討が断片的に行なわれて来たが、それはほぼ概略的なものであった。実際、潮力発電に関する本格的な調査研究は1970年代から始まり、韓国電力公社(現)と海洋研究所(現)の両機関によって今までに総8件の調査事業が行なわれた(表7参照)。これらの調査事業は事業発展段階によって1970年代の予備妥当性調査期と1980年以後の妥当性調査期に分けることが出来る。

(1) 予備妥当性調査事業

1945年日本統治から独立した後、1950年の韓国戦争勃発など、1950年半ばまでは混乱期のため潮力発電の

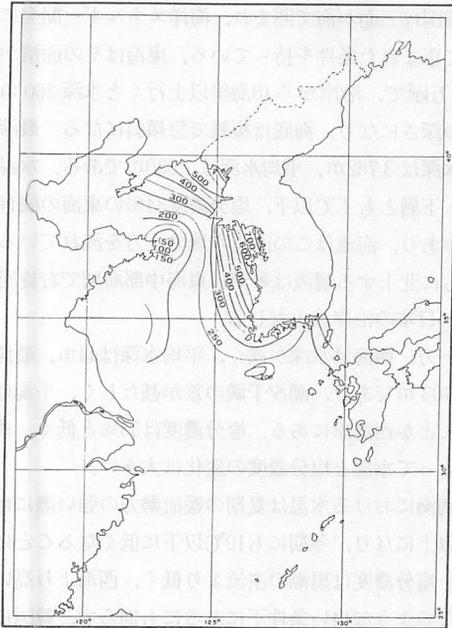


図-2 西海（黄海）の等潮差図

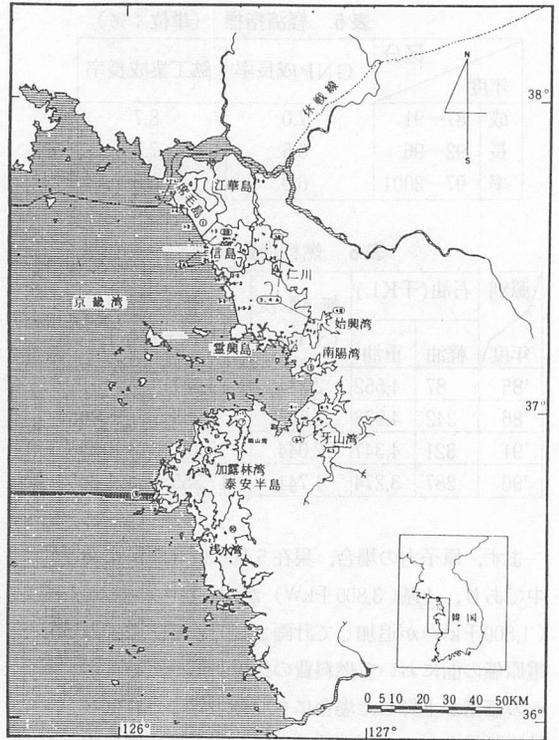


図-3 韓国の西海岸における潮力地点位置図

表 7 西海岸潮力発電調査事業の沿革

調査機関 (年度)	調査対象地域	調査内容
朝鮮総督府 (1930)	仁川湾一带	江華島外側潮力発電計画案
朝鮮電業(株) (1957)	西海岸10個地点	現場踏査, 概略的な発電量及び発電方式検討
韓国電力(株) (1970)	西海岸8個地点	発電量算出, 経済性評価及び開発優先順位決定
韓国海洋開発研究所 (1974)	加露林湾を含む西海岸全域	現場調査, 資料収集及び発電量算出
SOGREAH社 (1974)	牙山湾外二個地点	港湾施設及び総合製鉄所建設計画を考慮した潮力発電計画提示
韓国海洋開発研究所 (1975)	浅水湾	現場観測, 資料収集, 発電量及び工事費算出
韓国船舶海洋研究所 (1976)	加露林湾	現場観測(潮汐, 水深, 地層探査, 試錐)
韓国船舶海洋研究所 (1978)	仁川湾	現場調査及び発電量算出(単潮池と複潮池案検討)
海洋開発研究所 (1978)	西海岸10個地点	賦存量再確認及び優先順位決定
海洋開発研究所 (1980)	加露林湾	精密海洋調査
SOGREAH社 (1981)	加露林湾	加露林潮力発電所妥当性検討及び基本設計

開発事業は何んの進展もなかった。まもなく、1954年商工部電気局、1957年朝鮮電業(株)などが西海岸10地点(図-3参照)に対して現場踏査及び概略的な出力計算を行った。しばらく後、1970年韓国電力(株)(現:韓国電力公社)が上記10地点に対して再検討を行った。その結果、汾陽(Bunyang)湾と唐津(Dangjin)湾は干拓事業と重複され、対象候補地は8つの地点に減っ

た。その後、1974年建設部とフランスのSogreah社が共同に行った西海岸一円における潮力発電の妥当性検討結果、牙山(Asan)湾が最適地として選定され、ただちに建設計画案が作成された。

1974年海洋開発研究所(現;海洋研究所)の設立と共に、はじめの研究課題として西海岸一円の7つの地点を対象にして予備妥当性調査を行った。この事業の目的は我が国に賦存されている天恵の潮汐資源利用のためのマスタープランの樹立であり、その主要事業内容は1)潮力発電基礎調査 2)調査対象海域の潮汐包蔵量算出 3)各候補地の開発優先順位検討 4)最優秀候補地に対する細部調査、予備設計及び妥当性検討であった。その検討結果³⁾、潮力開発の優先順位は潮池面積、締切延長、開発規模などを考慮して、仁川(Incheon)、始興(Shiheung)、南陽(Namyang)、瑞山(Seosan)、加露林(Garolim)、安興(Anheung)、浅水(Cheonsu)湾など7つの地点(図-3参照)で、加露林、浅水、瑞山湾の順に決定された。その後海洋研究所は上記事業と同様な事業を浅水湾⁴⁾(1975)、加露林湾⁵⁾(1976)、仁川湾⁶⁾(1978)に対して年次的に実施、基礎資料を集めた。これらの事業では既存資料の収集及び分析、現場調査、発電方式の検討及び発電量の計算など

表 8 潮力地点概要及び検討結果

地点 (地図内No)	施設容量 (MW)	年間発電量 (GWh)	総工事費 (百万円)	発電原価 (Mills/kWh)	順位
席毛島 (1)	1,140	2,892	2,482	69.9	8
信島外側 (2A)	810	2,079	1,668	65.3	7
信島内側 (2B)	660	1,657	1,280	62.9	6
靈興島 (3, 4A)	1,800	5,102	3,887	62.0	5
仁川湾 (3B)	330	900	604	54.6	3
牙山湾外側 (6A)	810	2,229	1,493	54.5	2
牙山湾内側 (6B)	450	1,345	760	46.0	1
瑞山湾 (7)	180	412	359	70.9	9
加露林湾 (8)	330	820	590	58.6	4
浅水湾 (10)	540	1,239	1,182	77.6	10

が行われ、特に現場調査では潮汐、潮流の観測、水深図作成、海底堆積物の分布図作成、サイドスキャン・ソナー、陸上地質及び海底地形調査が実施された。

今までの多数の調査結果をまとめ、1978年韓国電力(株)は400 MW級の潮力発電所建設計画案を確定発表した。この計画案によると、まず第1段階では10地点に対して賦存量再確認及び開発優先順位決定、第2段階では最適候補地に対する妥当性検討及び基本設計実施、第3段階では実施設計、第4段階では発電所の建設工事となっている。第1段階事業は1978年海洋研究所とカナダのコンサルタントが共同で遂行し、西海岸10地点に対して発電量、工事費を算出、これによって開発優先順位を決定した。その結果⁷⁾が表8に示されている。表8でわかるように一度優先順位は牙山湾、仁川湾、加露林湾の順になっているが、牙山と仁川湾は別個の開発計画を持っており、結局第1候補地は加露林湾、第2候補地は信島、第3候補地は浅水湾に最終的に確定させた。これで予備妥当性検討が終わり、実際の妥当性検討段階に移る。

(2) 妥当性調査事業

加露林湾が潮力発電所の最適候補地として確定された後、1980年海洋研究所によって第2段階事業が着手された。この事業は加露林潮力発電所建設に対する現場調査事業で⁸⁾、既存資料の整理、潮汐、潮流、波浪及び浮遊砂などの観測が行われた。加露林湾は図-4のように南北に約20 kmの長さを持ち、湾内水面積は約120 km²程度である。この事業に続き、1981年には加露林湾に対して本格的な妥当性検討が海洋研究所とフ

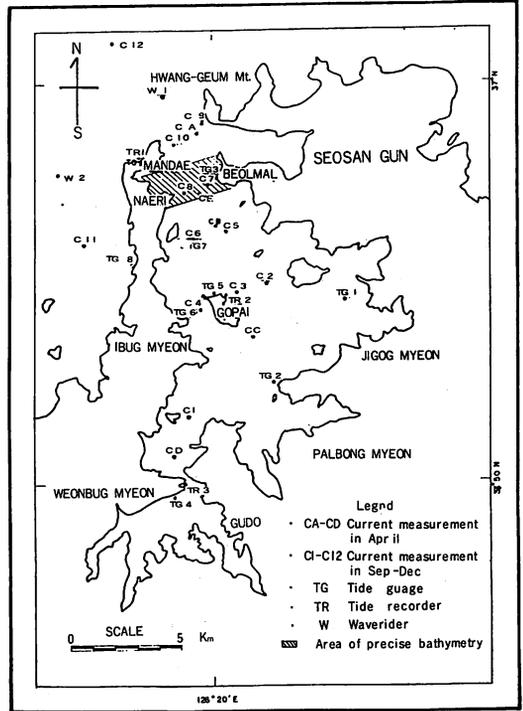


図-4 加露林湾内の現場調査位置図

ランスの Sogreah 社の両機関によって実施された。海洋研究所は精密海洋調査を、Sogreah社は妥当性検討を行うものであった。海洋調査の項目は潮汐、潮流、波浪、気象、水温、塩分、浮遊砂、海底堆積物、水深測量、海上弾性波探査、海洋生態調査及び潮汐モデルである。海洋調査には長期間の観測を要するため、湾入口の付近で6ヶ月間潮汐観測を実施、比較的安定した調和常数を算出、もっと正確な潮汐予報とエネルギー計算が可能になった。潮流及び浮遊砂観測は湾内両岸に発達した水路に沿って大潮と小潮期ごとに別々に行われ、湾内海水及び浮遊砂移動様相の定量的な評価が出来た。一方、Sogreah社は加露林潮力発電所の建設計画案として、湾入口に2 kmの防潮堤を構築、発電設備容量480 MW(単位機容量20 MW×24基)、水門40ヶ所(7.5 m×12 m)、年間発電量893 GWh、総建設費約6億円と言う検討結果を提示し、便益費用比(B/C)1.19で経済的な妥当性を立証した⁹⁾。

ところが、潮力発電所建設計画はこの数年間の国際的な油価下落現象と共に国内の'88オリンピック開催など、いろいろな国内外の事情もあり、当初1987年の建設計画は1990年代に延期され、着手までには相当の期間がかかると考えられる。

3.2. 波力発電の研究開発現況

韓国はアジア季節風帯に属し、典型的な気圧配置は夏期の場合南高北低型で南東ないし南西季節風が吹き、冬期には西高東低型で北西季節風が卓越する。

韓半島周辺の波高は大体季節風によって発生し風速に比例して増加されるが、吹送距離や吹送時間によって各海域ごとの波浪分布は異なる。一般に東海岸における高波浪の分布は冬期中に一番卓越した北東風による場合が多く、南海岸及び西海岸においては冬期の北西ないし北東季節風による場合が多い。

韓国において波力発電に関する研究事業はごく最近のことである。1979年第2次石油危機をきっかけにしてその翌年海洋研究所が国内最初に波力発電に関する基礎調査研究に着手した。この第一段階研究事業では海運港湾庁傘下の全国13個所の固定波浪観測所の5年間(1973~77)の資料を用いて波浪発生頻度及び波力密度を算出、波力発電の候補地を調べることであった。本研究結果¹⁰⁾によると、まず波力密度の分布は図-5のように東海岸の厚浦(Hupo)海域の場合、9~3月に7.7~15.4kW/m、4~8月に2.4~6.6kW/mの範囲で分布しており、他海域に比べて高い。さらに浦項(Pohang)近海も厚浦海域と同じ傾向をみせ、9~3

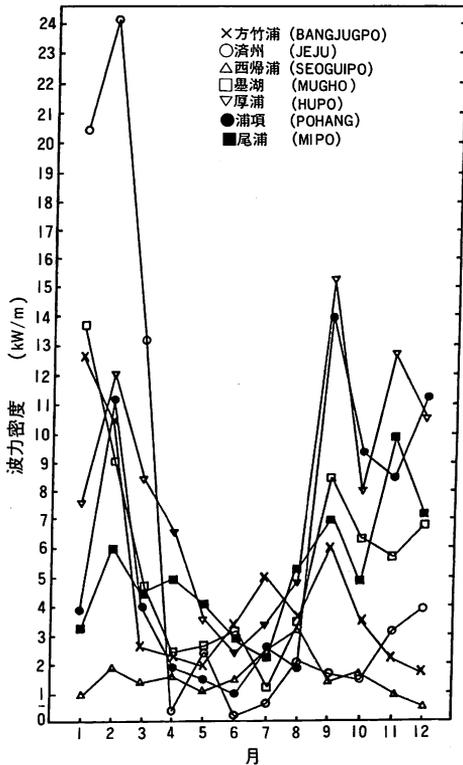
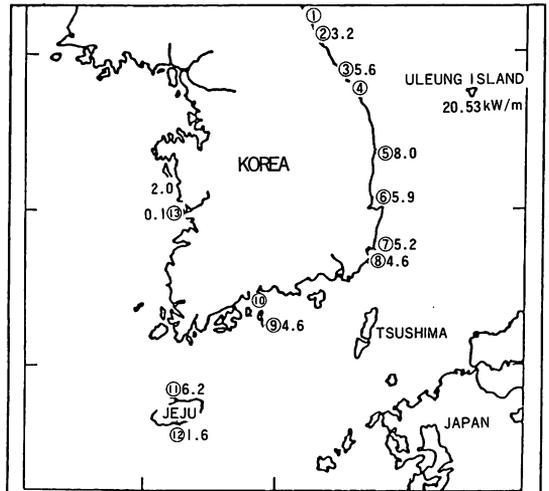


図-5 主要地点における月別波力密度の変化



番号	地点名	番号	地点名
1	GEOJIN (巨津)	8	ULSAN (蔚山)
2	SOGCHO (東草)	9	YEOSU-BANG JUGPO (麗水-方竹浦)
3	MUGHO (墨湖)	10	GWANG YANG-SAPO (光陽-沙浦)
4	SAMCHEOG (三陟)	11	JEJU (濟州)
5	HUPO (厚浦)	12	SEOGUIPO (西帰浦)
6	POHANG (浦項)	13	GUNSAN (群山)
7	MIPO (尾浦)		

図-6 韓国沿岸における波力密度分布

月に高く、4~8月に低い。従って東海岸の波力密度は大体秋・冬期に高く、夏期に低い分布を現わす。反面、南海岸の方竹浦(Bangjugpo)近海では年中1.7~12.6kW/mの分布を示し、1~2月にもっとも高く、4~5月に低い様相である。また済州島海域においては特異な現象が現われている。すなわち、南側の西帰浦(Seoguipo)海域は年中0.6~3.3kW/mの波力密度分布を示し、その反対側の済州(Jeju)海域には冬期の1~2月に20.5~24.3kW/m、4~12月に4kW/m以下の分布を示し、季節別変化が著しいことが注目される。

一方、年平均波力密度は図-6のように厚浦海域が8.0kW/mで一番高く、西帰浦海域が1.6kW/mで一番低い。済州海域の年平均波力密度は6.2kW/mでずいぶん高いほうであるが、冬期に集中して年間のみた変化幅が著しいため、波力利用率としては良くない。

本研究結果を通じて、韓国沿岸における波力賦存量は約500万kWであり、その半分以上が東海岸に偏在されていることがわかった。特に波力発電のための最適候補地としては東海岸の厚浦海域を中心とした東海中部以南海域であることが明らかになった。

以上のように第一段階研究事業を通じて最適候補地が判明した後、1982年第二段階事業¹¹⁾として実際、厚浦海域の水深70mの地点に waverider buoy を一

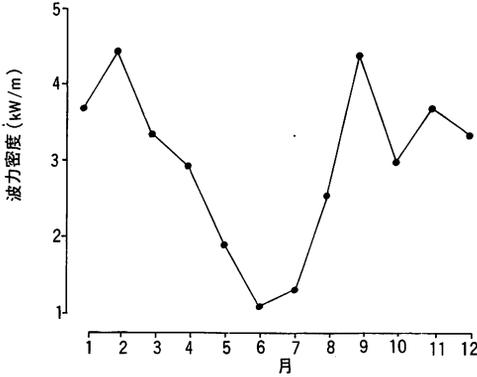


図-7 厚浦海域における月別波力密度の変化

年間係留, より正確な賦存量を算出した。

図-7は厚浦港の月別平均波力密度を示すものである。この図によれば季節による差がかなり認められ, 最大値は2月の4.4kW/m, 最小値は6月の1.1kW/mである。また9月から翌年3月までの秋・冬季節には波力密度が比較的に大きい時期であり, その平均波力密度は3.7kW/mである。

図-8は波力密度の超過確率分布を示すものである。例えば2月の場合, 約3日間は12.5kW/m以上の波力密度を見せ, 残り25日間はその以下の分布をみせている。6月の場合には27日間ほどが2.7kW/mより小さ

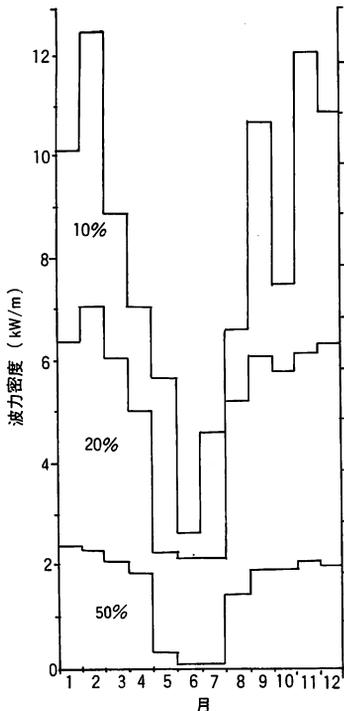


図-8 波力密度の超過確率分布図(厚浦)

い分布で見わされている。

結論的に言えば, 厚浦海域における年平均波力密度は水深の15mの区域では3 kW/m, 水深の20~30mの区域では5 kW/mであり, 海岸線1 kmに対する年間波パワーは約44 GWh/annumであった。

これで波力発電に関する基礎調査研究は終わり, 今後の研究の方向は我が国の海域特性に合う波力発電技術の開発と共に, 初期段階では防波堤構造物の機能をもった発電も行う波力発電システムに関する研究が望ましいと考えられている。

4. おわりに

現在, 韓国における海洋エネルギーの開発活動は未だ幼児期である。潮力及び波力発電に関する研究事業は1970年代後半の石油危機をきっかけにして, 度々行われて来たが, 最近油価の低下に押されてやっと命脈だけが維持されている。しかし2000年代には国内賦存エネルギー資源の活用極大化と言う面で, 西海岸の潮力資源開発は必ず実現されると確信する。今後, まず技術面において画期的な開発が行われ建設費の大幅節減が成されなければならない。

以上, 韓国の海洋エネルギー開発状況について記述したが, ご参考になり得れば幸甚である。そして今後, 日本との関係各位のご協力のご指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 崔長東; 電源開発計画とその展望, 大韓電気協会誌, 通巻115号(1986), 7-11.
- 2) 吉原重成; 電力政策基本計画書(1930), 朝鮮総督府報告書.
- 3) 李秉喆ほか; 潮力発電基礎調査に関する研究(1974), 韓国科学技術研究所附設海洋開発研究所(現; 海洋研究所).
- 4) 李秉喆ほか; 浅水湾潮力発電予備妥当性調査(1975), 韓国科学技術研究所附設海洋開発研究所(現; 海洋研究所).
- 5) 李秉喆ほか; 加露林湾潮力発電予備妥当性調査(1976), 韓国船舶海洋研究所(現; 海洋研究所).
- 6) 李秉喆ほか; 潮力資源開発予備妥当性調査-仁川湾(1978), 韓国船舶海洋研究所(現; 海洋研究所).
- 7) 李秉喆ほか; 潮力発電賦存資源基礎調査(1978), 韓国科学技術研究所附設海洋開発研究所(現; 海洋研究所).
- 8) 宋源吾ほか; 海洋エネルギー開発のための精密海洋調査-加露林湾(1980), 海洋開発研究所(現; 海洋研究所).
- 9) Korea Electric Co.; Garolim tidal power plant, Feasibility studies(1981), SOGREAH Consulting Engineers.
- 10) 宋源吾, 安熙道ほか; 波力発電に関する基礎調査研究(1980), 海洋開発研究所(現; 海洋研究所).
- 11) 安熙道, 李達秀ほか; 厚浦周辺海域の波力発電予備妥当性調査研究(1983), 韓国科学技術院海洋研究所.