



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士 學位論文

해양창조경제 육성을 위한
마린 메카트로닉스 개발

Development of Marine-mechatronics
to Promote Ocean Creative Economy



指導教授 蘇明玉

2014年 2月

韓國海洋大學校 大學院

메카트로닉스工學科

張河龍

本 論 文 을 張 河 龍 의 工 學 博 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

委 員 長 工 學 博 士 吳 世 駿 (인)

委 員 工 學 博 士 柳 熙 漢 (인)

委 員 工 學 博 士 姜 仁 哲 (인)

委 員 工 學 博 士 李 潤 炯 (인)

委 員 工 學 博 士 蘇 明 玉 (인)

2013年 12月 23日

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

목 차

표 목차	iv
그림 목차	v
Abstract	vii
제1장 서 론	1
제1절 연구의 필요성과 목적	1
1.1 연구의 배경 및 필요성	1
1.2 연구의 목적	2
제2절 연구의 범위와 방법	3
2.1 연구의 범위	3
2.2 연구의 주요내용	4
2.3 연구의 방법 및 차별성	6
제2장 해양창조경제와 해양창조산업	7
제1절 신해양경제시대와 신해양산업	7
1.1 해양경제 여건	7
1.2 신해양경제의 대두	9
1.3 해양산업과 신해양산업	12
제2절 창조경제시대와 창조산업	18
2.1 창조경제의 대두	18
2.2 창조산업의 개념과 범위	21
2.3 해양창조경제와 해양창조산업	23

제3장 메카트로닉스와 메카트로닉스산업	26
제1절 메카트로닉스	26
1.1 메카트로닉스의 등장	26
1.2 메카트로닉스의 개념	27
제2절 메카트로닉스산업	32
2.1 메카트로닉스산업의 발전	32
2.2 메카트로닉스산업의 범위	34
2.3 메카트로닉스산업의 특성	35
2.4 메카트로닉스산업의 발전과정	37
2.5 메카트로닉스산업의 미래	39
제3절 융합과학으로서의 메카트로닉스	40
3.1 기술융합의 개념과 발전	40
3.2 메카트로닉스의 융합과학화	41
제4장 마린 메카트로닉스	44
제1절 마린 메카트로닉스	44
1.1 마린 메카트로닉스의 정의	44
1.2 마린 메카트로닉스의 필요성	47
1.3 마린 메카트로닉스의 발전방안	50
제2절 마린 메카트로닉스 산업모델	53
2.1 마린 메카트로닉스 산업모델의 필요성	53
2.2 마린 메카트로닉스의 산업모델화	55
제3절 마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델 구축	58
3.1 시스템 다이내믹스의 개념과 특징	58

3.2	마린 메카트로닉스산업 활성화를 위한 인과모델 설계	65
3.3	마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델	79
제5장 결 론		82
참고 문헌		85
<input type="checkbox"/>	국내 문헌	85
<input type="checkbox"/>	외국 문헌	89
<input type="checkbox"/>	인터넷 자료	93



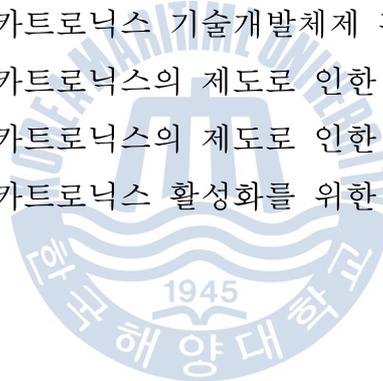
표 목차

<표 2-1>	메가트렌드 변화에 따른 해양여건 변화	10
<표 2-2>	세계 각국의 해양산업 분류	14
<표 2-3>	해양수산개발원(2009)의 해양산업 분류	15
<표 2-4>	글로벌 해양산업 성장 전망(매출액 기준)	16
<표 2-5>	우리나라와 세계 해양산업의 비중 비교	17
<표 2-6>	창조산업의 개념	21
<표 2-7>	창조산업의 범위	22
<표 3-1>	해외 메카트로닉스 정의	28
<표 3-2>	메카트로닉스산업의 유형	35
<표 3-3>	메카트로닉스산업의 분류	35
<표 3-4>	공학, 자연과학, 사회과학, 융합과학의 비교	42
<표 4-1>	메카트로닉스와 마린 메카트로닉스 간 차이점	45
<표 4-2>	마린 메카트로닉스 시스템 기술분야	46
<표 4-3>	비즈니스모델과 산업모델의 비교	54
<표 4-4>	시스템 다이내믹스와 통계적 방식의 비교	61
<표 4-5>	범용 메카트로닉스산업 성장과 한계 인과모델의 순환과정	70
<표 4-6>	마린 메카트로닉스 R&D투자 인과모델의 순환과정	74
<표 4-7>	마린메카트로닉스 기술개발체계 인과모델의 순환과정	76
<표 4-8>	마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델 순환과정	80

그림 목차

<그림 2-1>	북극항로의 종류	8
<그림 2-2>	신해양경제의 개념	11
<그림 2-3>	기술혁명과 사회 패러다임의 변화	18
<그림 2-4>	해외의 창조경제와 우리나라 창조경제의 차이점	20
<그림 2-5>	해양창조경제의 구성요소와 해양경제발전전략	23
<그림 2-6>	해양창조산업 발전추이	25
<그림 3-1>	메카트로닉스의 다양한 개념도	30
<그림 3-2>	메카트로닉스의 구성요소	31
<그림 3-3>	메카트로닉스기술의 발전	33
<그림 3-4>	메카트로닉스기술의 진화	37
<그림 3-5>	국내 메카트로닉스산업의 발전	38
<그림 4-1>	마린 메카트로닉스 확산과 고용효과	49
<그림 4-2>	마린 메카트로닉스에 의한 생산성 증가가 일자리에 미치는 영향	50
<그림 4-3>	학문영역으로서의 메카트로닉스의 발전단계	51
<그림 4-4>	마린 메카트로닉스로의 발전단계	52
<그림 4-5>	Afuah의 비즈니스 모델 구성요소	53
<그림 4-6>	건설산업에서의 기술융합 모델	55
<그림 4-7>	마린 메카트로닉스 산업모델	57
<그림 4-8>	시스템 다이내믹스의 주요 특징	60
<그림 4-9>	시스템 다이내믹스 방법론의 위상	60
<그림 4-10>	시스템 사고 기본요소들 간의 상호관계	62
<그림 4-11>	선박수와 건조, 폐선 인과모델	63

<그림 4-12>	양의 피드백 루프	64
<그림 4-13>	음의 피드백 루프	64
<그림 4-14>	양의 피드백 루프와 음의 피드백 루프가 공존하는 예시	65
<그림 4-15>	범용 메카트로닉스제품 수요 인과모델	66
<그림 4-16>	범용 메카트로닉스제품의 수요 동태성	67
<그림 4-17>	마린 메카트로닉스제품 수요 인과모델	68
<그림 4-18>	마린 메카트로닉스제품 수요 동태성	69
<그림 4-19>	범용 메카트로닉스산업의 성장과 한계 인과모델	69
<그림 4-20>	범용 메카트로닉스산업의 성장과 한계 동태성	71
<그림 4-21>	마린 메카트로닉스 R&D 투자에 관한 인과모델	74
<그림 4-22>	마린 메카트로닉스 기술개발체제 관한 인과모델	75
<그림 4-23>	마린 메카트로닉스의 제도로 인한 인과모델	78
<그림 4-24>	마린 메카트로닉스의 제도로 인한 동태성	78
<그림 4-25>	마린 메카트로닉스 활성화를 위한 통합인과모델	81



Development of Marine-mechatronics to Promote Ocean Creative Economy

Jang, ha-lyong

*Department of Mechatronics, Graduate School
Korea Maritime and Ocean University*

Abstract

The era of ocean that settle the national sea power as the most important factor of national competitiveness has been become, the measures to activate the Creative Economy which regards the creativity as the most important industry factor to reinforce the industry competitiveness are variously discussed.

This study suggests the industry model and the activation model of Marine-mechatronics, the foundation of whole industries since long ago, which is a driving force for the Creative Economy as a new economic paradigm to create jobs through the reinforcement of industrial competitiveness in low growth era and the New Ocean Economy to overcome the limits of land-based industrial development.

For this situation the chronological stream are suggested by analysing the change of various paradigms around the New Ocean economy emerging recently in the world, the orientation and vision of the Korea are also presented for the future.

In addition, a basic concept of creative convergence is rearranged and

practical plans for the activation of creative economy are derived from the systematic analysis and supply of various information of the creative economy initiated by the existing government.

And the identity and status of mechatronics scholarship is reestablished and the orientation of the future mechatronics is suggested through reevaluation by modernizing the concept, components and developmental process of mechatronics.

This study consists of a total 5 chapters which present following contents respectively.

Chapter 1, 'Introduction' consists of the background, necessity, purpose, scope and method of study.

Chapter 2, 'Ocean creative economy and ocean creative industry' examines the concept, scope and developmental plans of the ocean creative industry for the growth of ocean creative economy fostered by the convergence of new ocean economy and creative economy.

Chapter 3, 'Mechatronics and mechatronics industry' examines the emergence and concept of mechatronics, the concept, scope and feature of mechatronics industry, and considers the developmental orientation toward the future.

Chapter 4, 'Marine-mechatronics' suggests the definition, necessity and developmental orientation of Marine-mechatronic and the System dynamics model through the design of Marine-mechatronics industrial model and Causal model for the activation of it.

Chapter 5 describes the conclusion and limits of this study and the orientations of future studies.

The results derived from this study are as follows:

First, the existing ocean economy is affected differently by changes of megatrend in various fields such as society, culture, economy, politics, environment etc, and also should be essentially considered to proceed toward the ocean creative industry in the future.

Second, although many researches for the definite concepts and scope demarcation for the ocean industry are currently conducted, they are still unclear, so it seems to be difficult to develop it into the ocean creative industry, and therefore, further study may be necessary and opinions should be gathered.

Third, although the ocean industry is a national basic one which accounts for 5.1% of the whole production of economy, 3.8% of national GDP and 16.2% of all exports, the ocean creative industrialization of ocean industry around Marine-mechatronics may be required because of concentrated industrial structure.

Fourth, the creative economy paradigm in which the existing industry and technology are converged chemically and physically is emerging recently but regarding researches are at early stage and may be applied depending on each national industry status, thus, on the base of Marine-mechatronics the growth possibility of ocean creative economy with Korea-specific and practical plans is suggested and its availability is confirmed.

Fifth, although the mechatronics has variously affected the existing industries from long time ago, the study about mechatronics for itself is lack, it has not been fully evaluated about mechatronics as a basis of convergence science.

Thus, this study examines the status of mechatronics as the convergence science to provide a practical clue in the convergence of creative economy and suggests the industry and activation models of Marine-mechatronics as a new growth industry in the ocean creative economy era.

The features of this study are to suggest the ocean creative industry to activate the ocean creative economy applied to ocean space for the development of the creative economy recently indicated as a prime directive of government and propose the Marine-mechatronics, a factor of new technology based on an issue of the age, the creative convergence. In particular, it is a unique study which attempts to conduct a converged research of engineering field of the mechatronics, natural science one of the ocean and social science one of the creative economy.

In addition, this study has a significant meaning in that it suggests some practical measures and orientations for the related industries in the ocean creative economy era when not only some experts involved in some fields in regard with the existing ocean industry and mechatronics but also a lot of vague solutions are appearing.

However, specific data and various preliminary researches are required by each factor, for the more detailed study but the scope of it is too wide because of subjects converged with different fields, and related researches of each factor are at an early stage.

If the data would be accumulated from various researches for the ocean creative industry in the future, by using the system dynamic casual model to activate the Marine-mechatronics suggested in this study, It is thought that the further search for the possibility of actual activation and based on this, the various studies to develop the practical plans for the industry growth should be necessary.

제 1 장 서 론

제1절 연구의 필요성과 목적

1.1 연구의 배경 및 필요성

아주 오래전부터 선견자들은 “21세기는 해양의 세기가 될 것”이라고 예언하고 있었다. 해양의 세기란 국가 경쟁력의 가장 중요한 요소로 ‘국가 해양력(Sea power)’이며, 국가 신성장동력의 중요한 요소가 되는 시대라는 말이다. 역사학자 폴 케네디 교수는 국가 해양력을 결정짓는 세 가지 요소로 바다의 혜택을 받는 모험의식과 강한 의지, 인구 수, 적극적인 해양정책을 지적하였다.

또한 미국의 문명평론가 엘빈 토플러는 제3의 물결을 이끄는 미래의 4대 중요 산업의 하나로 해양산업을 꼽았다. 한국경제가 강한 세력이 되지 못한 이유 중의 한 가지로 경제학자 자크 아탈리는 “해양산업에 소홀했다”는 점을 지적했다. 즉, “바다를 지배하는 자가 세계를 지배한다.”라고 말한 16세기 영국탐험가 윌터 롤리는 바다를 지배하고 국가 해양력을 키우기 위해서는 신해양산업을 육성해야 하며, 세계 해양강국들은 21세기를 신해양산업의 융성을 의미하는 ‘신해양시대’로 규정하고 있다.

2006년에 해양산업 육성의 중요성을 인식한 해양수산부는 ADL사(Arthur D. Little)의 도움을 통하여 우리나라의 국가 해양력을 12위인 것으로 발표·조사하였고, 해양경제규모를 2016년까지 GDP 10%(연간 180조원 부가가치), 고용 창출 470만 명의 세계 5대 해양강국으로 나아가는 OCEAN G5비전 제시하였다.

한편, 전 세계는 저성장시대가 도래하였고 자국 산업의 체질변화를 위해 여러 가지 산업정책을 추진하고 수립하고 있다. 우리나라 또한 정책기조로 산업 경쟁력

강화를 위한 '창조경제(Creative Economy)'로 두고 전 국가적 역량을 한군데로 모아 추진 중이다. 우리나라는 제조업 우위를 바탕으로 오랜 기간 동안 세계시장에서 정부의 정책적인 지원을 통하여 모방-추격형(Fast follower) 산업체제로 경쟁력 우위를 차지하여왔다. 그러나 요즘 들어 제조업의 고용창출이 약화되고, 성장세가 둔화되면서 시대적 요청으로 새로운 패러다임이 대두되었고, 이에 따라 창조경제를 바탕으로 둔 창조산업의 활성화가 다양하게 거론되고 있다.

육상 중심의 산업발전 한계점을 극복하고 해양창조산업의 활성화와 우리나라의 기존 산업을 창조산업화 하기 위한 해양창조경제가 필요한 것이다.

그러나 현실은 신해양산업을 육성하고 이를 창조산업화하기 위한 실제적인 관련 연구나 해결책 제시가 없는 상태에 있으며, 관련 산업은 더욱 경쟁력을 잃고 있기 때문에, 이에 본 연구에서는 오래전부터 기존 산업의 창조적 융합의 이론적 바탕을 제공한 메카트로닉스를 중심으로 육상위주의 우리나라 기존 산업이 해양 중심의 창조산업화 되기 위한 새로운 해결책으로 '마린 메카트로닉스' 개념과 산업모델을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 목적

본 연구의 목적은 해양을 둘러싼 글로벌 환경 변화 및 창조경제의 이슈를 살펴보고, 세계경제에서 우리나라가 더 이상 수용자(Taker)가 아닌 창조자(Maker)의 역할을 수행하기 위한 해법으로 마린 메카트로닉스 기반의 해양창조경제의 발전방안을 모색하는데 있다.

근래 정부주도 창조경제의 활성화와 육상위주의 산업구조의 변화를 위해서는 어떻게 해야 하는가? 기존의 성장한계에 봉착한 해양산업의 발전을 위한 실제적인 해결책은 무엇인가? 이런 질문에 답을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다. 본 연

구의 목적을 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

첫째, 최근 전 세계적으로 부각되고 있는 신해양경제를 둘러싼 다양한 패러다임의 변화를 분석하여 시대적인 흐름을 제시하고, 향후 우리나라가 나아가야 할 방향 및 비전을 제시한다.

둘째, 현 정부의 국정과제인 창조경제의 다양한 정보제공 및 체계적인 분석을 통하여, 창조적 융합의 기본 개념을 재정리하고, 실제적인 창조경제 활성화를 위한 방안을 도출한다.

셋째, 메카트로닉스의 개념과 구성요소, 발전과정을 현재화하여, 학문의 정체성과 위상을 다시 세우고, 다양한 측면의 재평가를 통하여 향후 메카트로닉스의 나아가야 할 방향으로 '마린 메카트로닉스'를 제시한다.

넷째, 본 연구의 가장 중요한 목적으로 마린 메카트로닉스의 활성화를 위한 실제적인 '마린 메카트로닉스 산업모델'을 제안하고, 이를 활성화 하기위한 '시스템 다이내믹스 인과모델'을 제시하고자 한다.

결론적으로 본 연구는 우리나라가 국가정책목표인 세계5대 해양강국으로 발전하기 위해 마린메카트로닉스를 기반의 해양창조산업을 육성해야 하며, 이를 위한 실제적인 방안을 제시하는데 연구목적이 있다.

제2절 연구의 범위와 방법

2.1 연구의 범위

본 연구의 세 가지 주요 연구영역인 해양경제, 창조경제, 메카트로닉스는 그 활용분야와 범위가 국가경제 및 산업 전 분야에 해당된다. 이에 본 연구에서는 산업적인 측면에서 창조적 융합을 중심으로 각 분야의 공통적으로 적용 가능한 내용과

융합시너지를 일으킬 수 있는 요소를 선별적으로 적용하여 수행하고자 한다.

먼저 해양경제는 먼저 해양환경 보호나 해양 공간 이용, 해양자원 채취 등을 목적으로 해역에서 이루어지는 경제활동과, 그러한 활동에 전문적으로 사용되는 필수적 생산요소를 산출하는 경제활동, 그리고 해역에서 산출된 재화나 서비스를 대체 불가능한 필수적 생산요소로서 사용하는 경제활동들을 대상으로 시대적인 패러다임의 변화와 우리나라 해양분야 경쟁력 현황을 중심으로 연구를 수행하고자 한다.

창조경제는 기본적인 창조와 창조경제, 국내외 창조경제 현황, 창조산업을 중심으로 창조경제의 핵심개념인 창조적 융합의 의미와 융합가능 분야를 알아보고, 이를 통해 메카트로닉스와 해양분야의 창조적 융합의 이론적인 근거를 마련하였다.

메카트로닉스는 기존 발전된 육상산업 분야를 알아보고, 이후 해양산업 분야를 선별하여 수행하였으며, 신해양경제시대, 창조경제시대에 핵심요소로서의 마린 메카트로닉스의 위상과 역할에 대해 살펴보았다.

본 연구의 주요 세 가지 분야는 그 적용범위가 넓어 산업의 명확한 범위를 한정하는 것이 아니어서 임의성이 개입될 수밖에 없으나, 오히려 세 분야의 접목을 통해 각 분야의 모호한 개념이나 해결책이 더욱 구체적으로 정의되어지고 실행 가능한 산업모델을 도출할 수 있을 것으로 예상 된다.

2.2 연구의 주요내용

이상과 같은 연구필요성과 목적에 입각하여 이 연구는 총 5장으로 구성되었으며, 각 장별 연구의 내용은 다음과 같다.

제1장 ‘서론’은 연구의 배경, 필요성, 목적, 연구의 범위, 방법, 차별성 등을 내용으로 구성되어 있다. 제1장에서는 연구의 필요성과 목적을 분명히 제시하고, 이를 통해 연구 수행의 타당성과 시의성을 나타내도록 했다.

제2장 ‘해양창조경제와 해양창조산업’에서는 육상위주의 메카트로닉스 기술발전에서 벗어나, 신시장인 해양에 접목하기 위하여, 최근 해양의 사회문화적, 정치적, 환경적, 산업적, 과학기술적 패러다임의 변화를 다각적으로 분석하였다. 또한 국내외 해양경제 여건변화를 통해 우리나라 해양경제의 현황과 신해양산업의 발전 여건을 확인하였다. 또한 창조시대의 도래에 따른 창조경제의 개념, 등장배경, 발전에 대해 살펴보고, 국내외 창조경제의 비교를 통해 시사점을 도출하였다. 이를 통해 해양창조경제와 해양창조산업의 개념과 범위, 발전방안을 살펴보았다.

제3장 ‘메카트로닉스와 메카트로닉스산업’에서는 메카트로닉스의 등장 및 개념을 살펴보고 메카트로닉스산업의 발전, 범위, 특성, 현황을 통하여 메카트로닉스산업의 미래발전방향을 알아보았다. 특히 융합과학으로서의 메카트로닉스의 위상을 살펴보기 위하여 기술융합의 시초가 되고 현재 융합과학의 이론적 근거를 제시해 주는 메카트로닉스 학문의 특성에 대해 살펴보았다.

제4장 ‘마린 메카트로닉스’는 마린 메카트로닉스의 정의, 필요성, 발전방안을 정의하고, 실제적인 발전방안마련을 위해 마린 메카트로닉스 산업모델을 제시하고, 제시된 모델을 통하여 마린 메카트로닉스산업의 활성화를 위해 인과모델 설계를 통한 시스템 다이내믹스 모델을 제시하였다.

제5장은 이상의 연구결과에 대한 결론을 내리고 신개념인 마린 메카트로닉스 연구의 한계를 살펴보고, 이를 극복하기 위한 향후 연구방향을 제시하였다.

2.3 연구의 방법 및 차별성

본 연구에서 활용된 연구방법은 해양경제와 창조경제, 메카트로닉스 각 분야의 통계자료 및 선행연구 확인을 위한 국내외 사례 및 학술논문을 검토하고, 관련 국내외 산업현황 연구 및 관련 실무자들의 자문을 받아 본 연구를 추진하였다.

이번 연구의 특징은 최근 국정주요방향으로 제시된 창조경제를 발전시키기 위하여 해양이라는 공간에 적용된 해양창조경제와 이를 활성화하기 위한 해양창조산업을 도출하고, 마린 메카트로닉스라는 신기술 요소를 창조적 융합이라는 시대적 화두를 바탕으로 제안하는 연구이다. 특히 메카트로닉스라는 공학분야와 해양이라는 자연과학분야, 창조경제라는 사회과학분야의 융합적 연구를 시도한 사례를 찾기 힘든 연구이다.

메카트로닉스는 이전 기계적인 패러다임을 뛰어넘어 창조적 융합이라는 시대적 변화를 이미 오래전에 도입하여 현존하는 모든 기기의 패러다임이 되었다. 그러나 우리나라뿐만 아니라 해외에서도 메카트로닉스의 구성요소인 기계, 전자, ICT¹⁾를 이용한 다양한 시스템 구성 및 제어 분야는 심도 있는 여러 공학적 연구 및 교육을 수행하고 있다. 하지만 메카트로닉스의 정체성을 명확하게 규정하고, 현실 학문과 산업과 사회에 미친 영향과 더불어 미래 메카트로닉스가 나아가야 할 방향을 제시하기 위한 융합사고 바탕의 공학적 연구는 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 메카트로닉스라는 공학적 입장에서 해양경제와 창조경제를 분석하고, 창조적 융합이라는 패러다임을 중심으로 우리나라 창조경제를 발전시키기 위한 마린 메카트로닉스의 육성과 관련된 산업모델과 활성화 모델을 제공하고 있다.

1) 정보 통신 기술(Information & Communication Technology)

제 2 장 해양창조경제와 해양창조산업

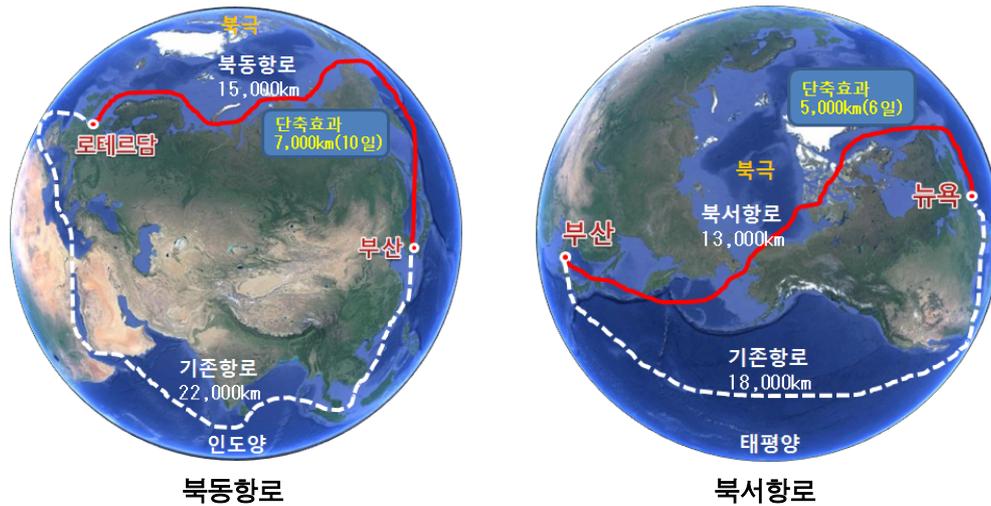
제1절 신해양경제와 신해양산업

1.1 해양경제 여건

해양은 지구 표면적의 71%를 차지할 뿐만 아니라, 무한한 개발가능성으로 향후 전 세계의 신성장동력이 될 것으로 많은 전문가들은 확신하고 있다. 해양의 생태적 가치는 육지의 약 2배로 지구상 동식물의 80% 이상이 해양에 서식하고 있고, 해양에 부존된 광물·에너지자원도 육상보다 약 100배나 많을 만큼 방대하다. 이미 해양은 인류의 주거공간, 에너지, 단백질의 공급원이며, 이를 원활하게 전달하기 위한 수송로의 역할을 충실히 제공하고 있어 해양을 기반으로 한 성장전략수립의 필요성은 날로 증대되고 있는 실정이다.

우리나라 또한 이미 삼면이 바다에 간혀있는 반도국가가 아니라 바다로 열려있는 해양국가가 되었다. 이는 <그림 2-1>에서 보듯 바다의 실크로드인 북극항로가 활짝 열리고 있어 새로운 해상교통로 최대 수혜지역으로 부상하고 있고, 유엔 해양법 협약(UN Convention on the Law of the Sea) 발효로 세계 108위의 육지보다 4.5배나 넓은 세계 43위의 해양영토를 가지고 있기 때문이다.²⁾ 이 광활한 해양영토에는 연간 100조원대의 높은 생산력을 가진 해양생태계와 미 개척된 풍부한 해양에너지·광물자원을 보유하고 있으며, 배타적 개발권을 부여받은 클라리온-클리퍼튼(Clarion-Clipperton)해역 등의 태평양 심해저 해역에는 망간단괴 등의 막대한 부존자원이 되어 있어 우리나라의 미래해양성장 잠재력을 더욱 높이고 있다.

2) 육지면적(99천km²)의 4.5배에 달하는 광활한 해양관할권(443천km²), 대륙붕(345천km²), 긴 해안선(총연장 12,682.5km), 많은 섬(3,167개)을 보유



<그림 2-1> 북극항로의 종류

지난 10월 현 정부는 '유라시아 이니셔티브(Eurasia Initiative)'를 통해 세계를 향한 '대한민국 그랜드 디자인(Grand Design)'의 핵심에 해양경제가 있으며, 우리나라가 지경학(地經學, geoeconomics)적으로 환태평양과 유라시아를 연결하는 환동해경제권과 환황해경제권의 중심에 있는 '동북아 해양경제권'의 요충지임을 천명하였다.

아울러 세계 각국은 해양의 가치와 자원 잠재력에 주목해 해양수산 행정조직을 정비하고, 해양산업 육성과 해양영토 확장에 총력을 기울이고 있다. 중국은 2008년에 해양수산 행정을 국가해양국으로 통합하고, '중국을 해양강국으로 건설'이라는 비전하에 해양산업의 고부가가치화 실현을 통해 2015년까지 해양산업의 국가총생산 기여도를 15%까지 확대하기 위해 '해양발전전략'을 추진하고 있다. 일본은 2007년 총리를 본부장으로 하는 종합해양정책본부를 설치하고 '해양기본계획'을 통해 해양 환경보전, 지속가능한 해양이용을 추진하고 있다. 미국의 'An Ocean Blue Print' 정책, 영국의 'Safeguarding Our Seas' 정책 등 해양대국들 역시 해양을 이용한 국부창출을 위해 노력하고 있다.

1.2 신해양경제의 대두

2013년 9월 개최된 제7회 세계해양포럼(WOF2013, World Ocean Forum)의 주제는 “변화의 파도를 넘어 기회의 바다로-21세기 동북아 신해양질서”로 전 세계적으로 변화되고 있는 해양패러다임에 대한 전문가의 다양한 견해가 발표되었다.

이날 세계적인 베스트셀러 ‘메가트렌드(Megatrend)’의 저자이자 저명한 미래학자인 나이스빗 부부(John Naisbitt and Doris Naisbitt)는 기조연설에서 성장 정체에 놓여있는 세계경제의 해법이 해양에 있다는 ‘해양 메가트렌드’를 주제로 발표를 하였다.

해양 메가트렌드의 변화는 사회·문화적으로는 저출산·고령화 증대로 인한 내수시장의 위축과 노동력부족으로 경제성장이 저해되고 있으며, 이로 인해 해양산업인력의 노령화와 젊은 인구의 유입이 감소하여 발전가능성이 높은 해양산업의 성장동력 확보가 어려운 실정이다.

경제적인 메가트렌드의 변화는 세계경제가 대규모 재정지출, 금융완화 등 각국의 수요 창출에 힘입어 예상보다 빠른 속도로 회복세로 보이나, 이로 인해 재정적자가 심화되어 이전보다 더욱 경제에 대한 불확실성이 더욱 높아지고 있다.

경제협력개발기구(OECD)는 2014년 세계 경제 성장률이 2013년 5월에 4.0%에서 11월에는 3.6%로 하향 수정 전망하였는데 이것은 세계경제의 불확실성이 더욱 깊어졌다는 것을 의미한다. 따라서 해양에 있어서도 과도한 예산집행이 요구되는 하드웨어적인 사업보다 기존 인프라를 적극 활용한 저예산의 소프트웨어적인 사업 발굴하고 투자하여야 할 것이다.

미국·중국·일본·러시아 등 주요 해양강국들은 최근 잇따른 해양정책 발표를 통하여 글로벌 해양패권 주도권 선점, 대양진출로 확보, 해양에너지 및 광물개발 등 신해양산업에 대한 적극적인 투자에 나서고 있다.

또한 환경분야에서도 인위적인 활동으로 인해 대량 방출되는 온실가스로 인해 수온상승과 해수면의 상승으로 유해 생물종의 출현 빈도가 증가하는 등 해양 생태계가 급변하고 있다. 특히 수온상승 및 해양의 산성화로 '바다 사막화(Whitening event)'가 가속화되어 어업활동이 방해되고, 어업생산량이 감소하고 있어 인류의 주요 단백질 공급원인 수산자원의 고갈이 현실화 되고 있다. 이에 세계 각국은 해양 환경기술과 청정해양에너지개발을 오래전부터 추진하여 해양분야 각종산업을 저탄소형 구조로 전환시키고 있다.

이러한 각 사회적인 메가트렌드의 변화가 해양여건에 미치는 영향을 정리하면 <표 2-1>와 같다.

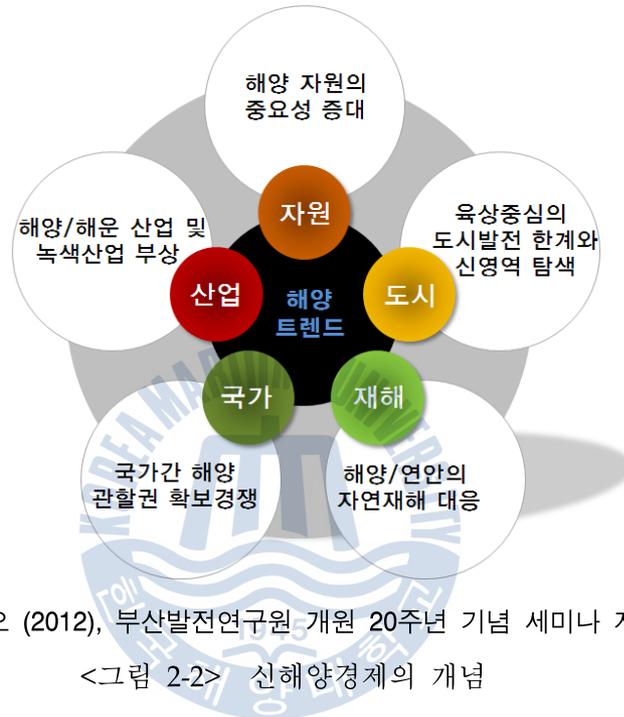
<표 2-1> 메가트렌드 변화에 따른 해양여건 변화

구분	메가트렌드	해양여건 변화
사회·문화분야	<ul style="list-style-type: none"> · 저출산·고령화 증대 - 내수 시장의 위축 - 노동력부족 	<ul style="list-style-type: none"> · 해양산업 인력의 노령화와 젊은 인력의 유입 감소로 성장추진력 저해
경제분야	<ul style="list-style-type: none"> · 세계경제가 대규모 재정지출, 금융완화 등 각국의 수요 창출 - 재정적자 심화 - 경제에 대한 불확실성 증대 	<ul style="list-style-type: none"> · 해양분야 과도한 예산집행사업 지양 · 저예산 해양사업 발굴·투자
환경분야	<ul style="list-style-type: none"> · 수온상승과 해수면의 상승 · 유해 생물종의 출현 빈도 증가 · 해양 생태계가 급변 	<ul style="list-style-type: none"> · 해양산업의 저탄소형 구조화

이러한 해양여건의 변화로 인해 세계는 육상 중심의 국가 및 도시 경영의 한계에 봉착하였으며, 이에 대한 해결책으로 해양의 중요성이 더욱 부각되고 해양중심 경제 활동을 의미하는 신해양경제(New Ocean Economy)가 부각되었다.

이언오 (2012)는 신해양경제를 <그림 2-2>과 같이 해양을 채취·운송 공간으로 보

는 수산·해운 중심의 해양경제에서 벗어나 해양 메가트렌드에 대응한 IT 및 MT (해양과학기술) 융합에 의한 기존 해양산업의 고도화와 신사업영역(해저자원·해양 신소재·심해기술·북극해)을 포함하는 모델로 설명하였다.



자료 : 이연오 (2012), 부산발전연구원 개원 20주년 기념 세미나 자료집

<그림 2-2> 신해양경제의 개념

또한 세계 각국은 글로벌 당면 과제인 기후 변화, 자원 공급 압박, 경기 침체를 극복하기 위한 효과적인 정책 수단으로 해양의 무한한 가치와 잠재력을 재평가하는 등 다양한 방법으로 신해양경제 실현에 심혈을 기울이고 있다.

1.3 해양산업과 신해양산업

1.3.1 해양산업의 정의

신해양산업을 정의하기 위해서는 먼저 해양산업에 대한 정의가 선제적으로 이루어져야 한다. 그러나 현재 해양산업의 정의는 연구자에 따라 아주 다양하게 규정되고 있으며, 이는 각 나라별 기술·문화수준 및 해양의 다양한 구성요소에 기인한 것으로 판단된다. 일면에 있어서는 그 만큼 해양산업은 개발할 수 있는 분야가 많음을 반증하고 있는 것이다.

먼저, 해양이라는 뜻도 우리말의 “넓고 큰 바다”이나, 이를 영어로 표현하면 Maritime³⁾, Ocean⁴⁾, Marine⁵⁾ 등 아주 다양한 단어로 표현이 가능하므로, 해양산업은 해양의 3가지 영어단어와 산업을 뜻하는 Industries, Sector 등의 단어 결합하여 다양하게 지칭되고 있다.

해양산업의 개념에 관한 1980년대부터 본격적으로 시작되었다. Pontecorvo(1980)는 해양산업을 공급과 수요적인 측면에서 정의하였다. 공급측면의 해양산업은 “해양 자원이나 공간이 생산을 위한 필수불가결한 요소가 되는 산업”으로 해양광업, 어업, 해운업 등을 들고 있고, 수요 측면의 해양산업은 “생산물의 상당 부분이 해양 자원이나 공간을 이용하는 생산 활동에 투입되거나, 생산 활동의 대부분이 해양과 지리적으로 가까운 곳에서 일어나는 산업”으로 조선산업, 항만산업, 해양장비산업, 그리고 해양관광 등을 들고 있다. Cortez(1988)는 해양산업을 “바다와 산업의 생산활동 사이에 밀접한 관계가 있으며, 해양을 이용한 활동이 생산의 기초가

-
- 3) Maritime(형용사, 해운·항만의 성격이 강함) : 바다의, 해사의, 항해의, 해운의, 연해의, 해변의, 해변에 사는, 선원다운, 선원 특유의(네이버사전)
 - 4) Ocean(명사, 바다라는 공간적인 의미와 해양자원·생물 등의 의미 포괄) : 대양, 해양, 대해(YBM사전)
 - 5) Marine(형용사, 바다와 관련된 가장 포괄적인 의미) : 바다의, 바다에 사는, 해산의, 해사의, 해운업의, 선박의, 항행의, 해상근무의, 해군의, 해병대의(두산동아)

되고, 자원을 획득하기 위해 해양을 이용하거나, 해양공간을 생산 활동의 필수적 조건으로 하는 산업"이라고 정의하였다.

국내의 선행연구로는 황기형 외(2011)는 해양산업을 "해양자원이나 해양공간 이용을 목적으로 해역에서 이루어지는 산업활동과 이러한 활동을 위해 특성화된 생산요소를 공급하는 산업활동, 그리고 해양으로부터 산출된 재화나 서비스를 생산의 대체불가능한 필수 요소로서 활용하는 산업활동"으로 정의하고 있다.

신용준(2012)은 해양산업을 "해양을 이용, 개발 및 보호하는 각종의 생산적 산업 활동을 총칭"하는 것으로 정의하였고, 허윤수(2013)는 해양산업은 "해양을 개발하거나 이용하고 보호하기 위해 진행되는 생산과 서비스 산업활동"을 말하며, 해양경제(Ocean Economy)는 "해양을 개발·이용·보호하기 위해 진행되는 각종 생산활동과 이와 관련된 산업활동의 총체"를 의미한다고 정의하였다. 또한 해양수산업발전기본법(2012)에서는 해양산업을 "해운·항만·수산·해양과학기술개발·해양환경·해양관광 및 해양정보 관련산업 그 밖에 해양 및 해양자원의 관리·보전과 개발·이용에 관련된 산업"으로 정의하고 있다.

이상의 선행연구들을 종합해 보면, 해양산업은 "해양을 대상으로 경제적 활동을 영위하는 모든 활동을 포괄하는 산업"으로 정의할 수 있다.

1.3.2 해양산업의 범위

한편 해양산업의 범위 및 분류체계를 가지고 있으며 국가마다 해양산업 구조가 상이하므로, 세부 해양산업 활동들의 유무와 경중에 따라 해양산업의 범위와 분류를 달리하고 있다. 한국해양수산개발원(2009)의 연구결과에 따라 미국, 영국, 프랑스, 중국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드 7개국의 해양산업의 범위와 분류체계를 종합적으로 요약하면 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 세계 각국의 해양산업 분류

국가	해양산업 분류	기준시점	조사연구기관
미국	(6개 부문) 해양건설업, 해양생물자원 산업, 해양광업, 조선, 관광, 해상운송	1990년 이후 매년	NOEP (민간연구기관)
영국	(18개 부문) 해저 석유·가스, 항만, 해운, 해양 레크리에이션, 장비, 방위, 해저 케이블, 해운 부대 서비스, 조선, 수산업, 환경관리, R&D, 건설, 항해·안전, 광업, 라이선스·임대, 교육, 신재생에너지	2005	Crown Estate (왕립 공공자산 관리기관)
프랑스	(13개 부문) 연안관광, 수산식품산업, 조선, 해양 및 내륙 수상운송, 해사·골재 채취, 발전, 해양건설, 해저 케이블, 해저 석유·가스, 해양 금융, 해군, 공공정책, 공공 R&D	2005	Ifremer (국립해양 연구소)
중국	(12개 부문) 수산업, 해양 석유가스, 해양광업, 해양염전업, 조선산업, 해양화학공업, 해양생의학산업, 해양공학·건설업, 해양발전산업, 해수이용업, 해상운송, 연안관광	1996년 이후 매년	국가해양국
캐나다	(4개 부문) 해양과학기술 관련 산업, 조선산업, 해양자원 개발 및 수상운송, 공공 부문	1998	캐나다 산업성, 국가과학기술 위원회
호주	(6개 부문) 해양관광, 해양석유 정제, 수산 및 수산식품, 해상운송, 조선산업, 항만산업	1996 ~2003	국가해양국
뉴질랜드	(9개 부문) 해양 광물, 어업 및 양식업, 해운, 정부 및 국방, 해양관광, 해양 서비스, 연구 및 교육, 제조업, 해양건설	1997 ~2002	통계청

자료: 한국해양수산개발원 (2009), “해양기반 신국부 창출 전략”, 저자 수정인용.

한편 Marine Industries Global Market Analysis(2005)에서는 해양산업을 해양서비스, 해양제조업, 해양자원, 해양 연구 및 교육 등 4가지 영역으로 범위를 한정하였다. 해양서비스 영역에는 해운, 해양관광, 해양금융, 해양건설업, 항만, 크루즈산업, 해양제조업 영역에는 조선, 해양 정보통신(IT), 해양설비기기, 해양바이오 산업, 해양자원 영역에는 어업, 양식업, 가공업, 석유 및 천연가스, 신재생에너지 해양 금속광물 개발, 해양연구 및 교육 영역에는 해양 교육 및 교육훈련, 해양 R&D 등으로 분류하였다.

국내의 한국해양수산개발원(2009)에서는 윤동한(1997), 정봉민(2000), 광승준 등 (2002)의 해양산업 분류를 토대로 Pontecorvo의 해양산업 정의와 해외 각국의 해

양산업 분류 사례 그리고 국내 산업분류체계를 참고하여 국내 해양산업을 <표 2-3>과 같이 분류하였다.

<표 2-3> 해양수산개발원(2009)의 해양산업 분류

산업부문	세부산업내용
수산업	어업, 양식업, 어업관련서비스, 수산물 가공
해양광업	해사 채취, 소금 채취
해양장비업	어업용 로프 및 어망, 선박용 내연기관 및 터빈, 측정 및 분석기기
조선산업	선박 건조, 선박 수리, 선박 부품품
해양건설	항만건설, 수산토목
해운산업	수상운수보조서비스, 연안 및 내륙 수상운송, 외항운송
항만산업	항만하역, 보관 및 창고
해양관광	해양관광
해양수산 R&D	해양수산 R&D
해양방위 및 공공행정	해양방위 및 공공행정
해양수산 교육	교육

황기형 등(2011)은 해양산업을 크게 해양기반형 산업과 해양연관형 산업으로 구분하고, 해양연관형 산업을 전방연관형 활동과 후방연관형 활동으로 나누어, 해양산업의 세부업종을 이 분류기준에 따라 세분하였다. 이 연구에서 해양기반형 산업은 해양환경 보호, 해양공간 이용, 해양자원 채취 등을 목적으로 해양에서 이루어지는 경제활동을 말하며, 해양연관형 산업은 해양기반형 산업에 전문화된 생산요소를 제공하거나(전방연관형 활동), 해양기반형 산업의 생산물을 대체가 불가능한 생산요소로 사용하는 활동(후방연관형 활동)을 말한다.

1.3.3 신해양산업의 전망 및 발전방안

신해양산업은 기존 해양산업의 달리 한국해양과학기술진흥원(2011)의 분류의 경우에서와 같이 해양에너지·바이오산업 등 “기존 해양산업 중 신규로 개발되었거나, 향후 높은 성장률을 가진 산업”으로 정의할 수 있다.

최근 선진국에서는 해양분야에 중점을 두려는 정책기조와 경제회복으로 인한 여건 변화가 맞물려 신해양산업은 아주 빠른 성장세를 보이고 있다. 물론 기존 해양산업에 비해 신해양산업은 규모가 작아 증가율이 상대적으로 크게 나오는 것이 사실이지만, <표 2-4>과 같이 기존 해양산업의 증가율을 크게 웃돌아 향후 세계 경제발전을 위한 새로운 성장동력으로 자리 잡게 될 것이다.

<표 2-4> 글로벌 해양산업 성장 전망(매출액 기준)

단위 : 억 달러(2010년 기준), %

사업명	매출액		총 증가율	연평균증가율	
	2010	2020			
수산업	4,743	5,734	20.9	1.92	
해양석유·가스산업	8,531	15,662	83.6	6.26	
해양기기·장비산업	812	1,260	55.2	4.49	
해양산업	선박·해양플랜트제조업	1,530	1,530	0.0	0.00
	해양토목·건축업	2,200	3,585	63.0	5.00
	해운산업	4,602	6,857	49.0	4.07
	해양기술서비스업	530	1,012	90.9	6.68
	항만사업	462	688	48.9	4.06
	해양 연구개발	218	301	38.1	3.28
	해양관광	2,322	3,603	55.2	4.49
	신해양산업	심해저광물자원 개발	30	70	133.3
해수담수화		92	270	193.5	11.37
해양에너지 이용		1	30	2,900.0	40.5
해상풍력발전		22	679	3,295.0	40.9
해양바이오산업		36	72	100.0	7.18
이산화탄소 해중저장	0	45	-	-	

자료 : 한국해양과학기술진흥원(2011), 『해양산업 분류체계 수립 및 해양산업의 역할과 성장전망 분석을 위한 기획연구』, 수정인용

그러나 우리나라의 해양산업구조는 <표 2-5>에서와 같이 선박 및 해양플랜트 관련 제조와 운영분야에 높은 비중을 가지고 있으며, 전통적인 수산업과 같은 1차 해양산업과 해운·물류·항만산업 등의 2·3차 해양산업은 이미 성장의 한계에 다다른 상태이다. 따라서 신해양경제시대에 새로운 신성장동력으로 해양분야 신산업을 개발하고, 해양을 통한 기회와 위협에 효과적으로 대응하며, 해양과학기술의 산업화를 위해 R&DB 기반 구축이 절실한 실정이다. 아울러 해양에 대한 인식제고 및 지속발전적인 활동을 영위하기 위해 해양환경에 있어 보존과 개발을 동시에 추구하는 보존적 개발에 관점에서 신해양산업을 지속적으로 개발하여야 한다.

<표 2-5> 우리나라와 세계 해양산업의 비중 비교

산업명	전체 해양산업 중 비중(%)		
	국내[2008]	세계[2010]	편차
조선산업	39.4	5.9	33.5
해운산업	32.0	17.7	14.3
수산업	10.6	18.3	-7.7
조선기자재산업	6.2	3.1	3.1
해양관광	5.3	8.9	-3.6
항만산업	2.4	1.8	0.6
해양토목·건축	2.3	8.5	-6.2
해양 R&D 및 엔지니어링	1.4	2.9	-1.5
해양에너지산업	0.3	32.9	-32.6

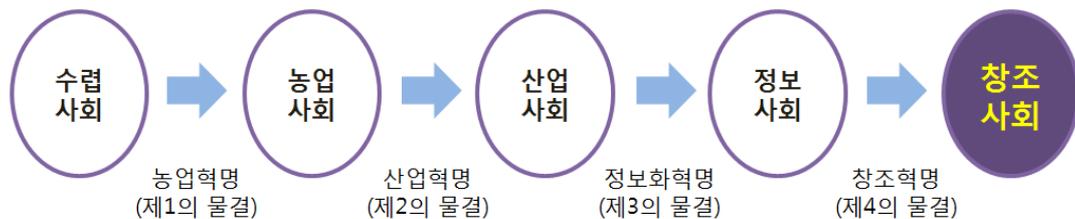
자료 : 황기형 (2012), “해양부문 신산업 발전을 위한 기반구축 방안 연구”, 저자 수정인용

제2절 창조경제와 창조산업

2.1 창조경제의 대두

지금은 거대 설치물이나 물리적인 힘이 우선시 되는 하드파워(Hard power)보다 창조력으로 중요시 여기는 '소프트파워(Soft power)시대'이다. 즉, 사회 각 분야에서 다른 어떤 요소들보다 창조력을 중요시 여기는 창조사회가 도래한 것이다. 특히, 일정자원의 투입이 성패를 좌우하는 실물중심의 산업경제시대에서 기술, 지식, 정보, 문화 등을 중요시 여기는 지식경제시대를 넘어, 기존 사회 각 요소들을 융합하여 새로운 가치 있는 창조물을 개발하는 것이 최우선 가치로 두는 시대, 즉 '창조경제시대'가 등장한 것이다.

창조경제의 개념이 등장하게 된 가장 큰 이유는 전 세계적인 저성장시기가 도래함에 따라 신국부 창출의 기회를 마련하고, 적극적인 복지정책으로 일자리 창출이 각국마다 최대 현안으로 부각되었기 때문이다. Joseph Stiglitz는 <그림 2-3>에서와 같이 어려운 시기에는 큰 변화가 필요했고, 이는 혁명의 동기가 되어 결국 사회가 변화되었다고 설명하고 있다. 가까운 예로 1930년대 미국의 경제대공황시기에는 농업경제에서 산업경제로 변화되었고, 지금도 저성장시대에 기존의 산업·정보사회에서 창조사회로 패러다임의 변화가 요구되고 있다고 역설 하였다.



자료 : 차두원, 유지연 (2013), "창조경제 개념과 주요국 정책 분석", 한국과학기술기획평가원

<그림 2-3> 기술혁명과 사회 패러다임의 변화

많은 국가들이 이미 주요 정책기조로 제시하고 있는 창조경제의 경우, 우리나라는 도입 초기 ‘창조(創造)’의 사전적인 의미인 “완전 무(無)에서 새로운 유(有)를 만들어내는 것”이라는 개념의 모호성으로 인하여 많은 혼란을 가져왔으나, 현재는 “기존 유(有)에서 새로운 유(有)를 만들어 내는 것”이라는 뜻으로 어느 정도 정리된 양상을 보이고 있다. 현재는 ‘창조=융합’이라는 뜻으로 창조경제는 융합경제라는 의미로 해석되고, 적용되고 있다.

또한 콜롬비아대학의 Druggan 교수는 창조를 더욱 구체화 하여 “기존에 만들어져 있는 것 중 최적의 구성요소들을 찾고, 조합하여 새로운 것을 창출하는 모든 활동” 즉, “기존의 문화, 과학기술 등을 발견·융합하여 새로운 제품, 서비스, 시스템을 만드는 능력”으로 그 의미로 더욱 구체적으로 정의하고 있다.

창조경제의 개념화는 1990년 일본 노무라 종합연구소(1990)에서 자국의 저성장 시대를 예견하고 이에 대한 해결책으로 창조사회를 제시하면서 본격적으로 논의되기 시작하였고, 영국은 1997년부터 Creative Britain(1997) 정책을 통하여 문화중심의 창조경제 활성화 방안을 마련하고 이를 지속적으로 수행하고 있다.

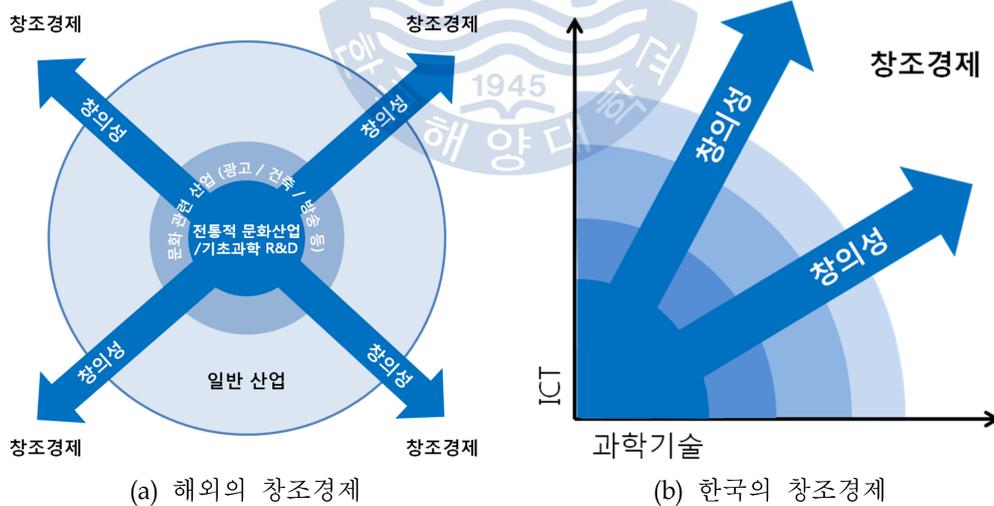
이후 창조경제 분야 대표적 학자인 Howkins(2001)가 ‘창조경제’라는 용어를 구체적으로 제시한 이후 새로운 패러다임이 필요했던 세계 각국에서 더욱 관심을 가지게 되었고, UNCTAD(2008, 2010)의 보고서를 통해 전 세계적으로 확산되었다.

우리나라는 박근혜 정부가 제18대 대통령직인수위원회(2013)를 통해 선도형 경제를 창출하고 일자리 창출을 위한 새로운 국가경제 패러다임으로 제시하면서 활성화 되었다.

이렇게 형성된 창조경제의 개념은 초기 문화 등의 창조산업에 집중된 개념에서 각 나라의 산업현황에 맞는 다양한 의미로 확대·규정되고 있다. 먼저 John Howkins는 창조경제를 “창조적 인간·산업·도시를 기반 한 신경제체제로, 창조적인 활동과 경제적인 가치가 결합된 창조물의 거래체계”라고 정의하였다.

UNCTAD(2008, 2010)는 창조경제를 “경제성장과 발전 잠재성이 있는 창조적 자산에 기반을 둔 진화론적 개념으로 창조적 자산을 생산하는 모든 경제 활동”으로 정의하였다. 우리나라는 창조경제타운 홈페이지에서 창조경제를 “창의성을 경제의 핵심 가치로 두고 새로운 부가가치·일자리·성장동력을 만들어 내는 경제” 및 “국민의 창의성과 과학기술, 정보통신의 융합을 통해 산업과 산업이 융합하고, 산업과 문화가 융합해 새로운 부가가치를 창출함으로써 새로운 성장 동력과 일자리를 만들어내는 경제”로 창조경제의 방법과 목표를 구체적으로 포함한 개념으로 제시하고 있다.

주요국과 우리나라 창조경제의 차이점은 <그림 2-4>에서 보듯 주로 전통적 문화산업 및 기초과학 R&D를 바탕으로 한 창조산업의 육성을 추진하는 해외의 경우와는 달리, 우리나라는 비교우위분야인 정보통신(ICT)과 과학기술을 바탕으로 전 산업분야의 창조경제를 추구한다는 점이다.



자료 : OECD 정책 브리핑(2013), “창조경제 관련 OECD 논의동향”

<그림 2-4> 해외의 창조경제와 우리나라 창조경제의 차이점

2.2 창조산업의 개념과 범위

창조산업의 개념은 <표 2-6>에서 살펴볼 수 있듯이 다양한 창조경제의 개념과 같이 각국의 상황과 주안점에 따라 다양하게 정의되고 있으며, 새로운 가치를 창출하는 모든 산업을 포함하고 있다. 이에 비해 우리나라의 창조경제는 전체 산업에 해당한다고 할 수 있다.

<표 2-6> 창조산업의 개념

구분	내 용
영국	개인의 창조성, 솜씨(Skill), 재능(Talent)에 기원을 두고 있으며, 지식재산의 발생 및 이용을 통해 일자리와 부를 창출할 잠재력을 지닌 활동
독일	(문화창조산업) 모든 문화 및 창조적 기업을 포함하며, 이들은 시장 지향적이며, 문화창조상품 및 서비스 수단을 통해 창조, 생산, 배포, 확산을 취급 (창조적 행위) 모든 문화 및 창조활동을 연결하는 요소로서, 모든 예술적, 문학 적, 문화적, 음악적, 건축적 또는 창조적 콘텐츠, 작품, 생산품, 제작 또는 서비스를 포괄하며, 10개 문화창조산업의 핵심을 형성
일본	(창조산업) 가격이 아닌 창조성이라는 부가가치에 의해 고유한 전통적·문화적·지 적·혁신적인 것이 투영되거나 기술·재능이 포함된 제품, 서비스, 인적 자원 (창조성) 제품과 서비스의 제조·유통 과정에서 독창적이고 고유한 전통적·문화적·지적·혁신적인 것이 투영되거나 인적 자원이 보유한 기술·재능이 포함된 것
싱가포르	개인의 창조성 및 기술, 재능에 기반하고 지적 재산의 개발과 창출을 통한 부와 일자리를 창출하는 산업(영국의 창조산업개념을 차용)
WIPO ⁶⁾	2006년 창조산업부서를 설치하고 저작권을 인정받는 작품의 창작, 제조, 생산, 방송, 유통과정에서 직·간접적으로 포함된 산업들을 창조산업으로 정의
UNC TAD	창조성과 지식자본을 핵심 투입물로 사용한 상품, 서비스의 창조, 생산, 배포의 순환, 지식기반 활동으로 구성되며, 무역과 지적권을 통해 수입을 발생시키는 데 초점을 맞춘 산업으로서 예술 분야에만 국한되지 않음. 창조적 콘텐츠, 경제적 가치, 시장 지향성을 갖춘 유형의 상품 또는 무형의 지식 또는 예술 서비스로 구성

자료: 대외경제정책연구원 (2013), “주요국의 창조경제 추진사례와 시사점”, 수정인용

6) WIPO(World Intellectual Property Organization) : 세계지적재산권기구.

창조산업의 범위는 앞서 알아본 바와 같이 자국의 관점을 반영하여 창조산업의 범위를 규정하고 있으며, <표 2-7>에서 보는 바와 같이 대부분 문화산업이 그 중심에 있으며, 정보통신(ICT)과 높은 연계성을 가지고 있다.

<표 2-7> 창조산업의 범위

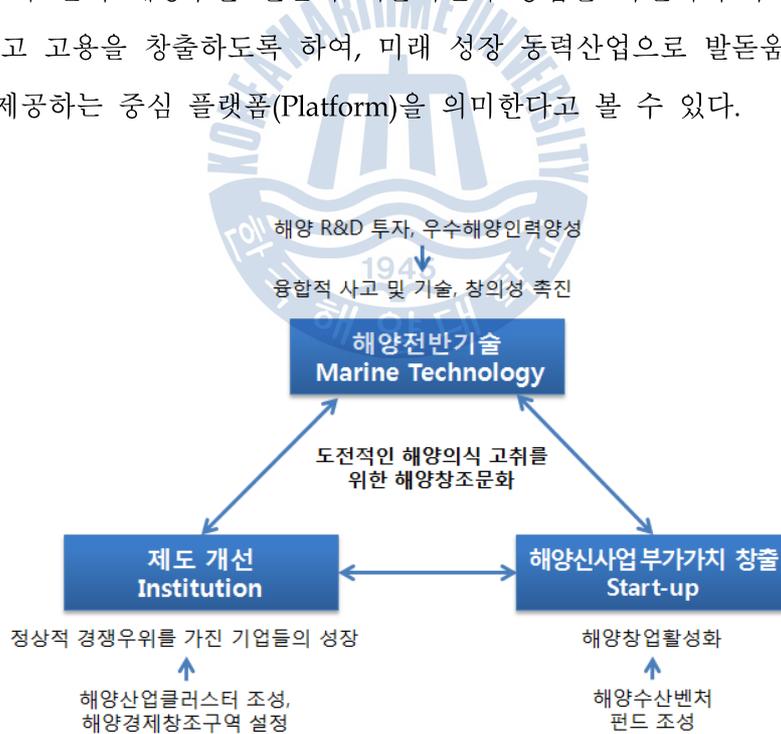
구분	내 용
영국	창조산업 13개 분야: 광고, 건축, 미술 및 골동품, 공예품, 디자인, 디자이너 패션, 영화와 비디오 및 사진, 음악, 공연예술, 출판, 소프트웨어 및 전자출판, 디지털 및 엔터테인먼트 미디어, 텔레비전 및 라디오
핀란드	창조산업 14개 분야: 1) 애니메이션 제작, 2) 건축 서비스, 3) 영화 및 TV 제작, 4) 시각 예술 및 미술전시, 5) 수공예, 6) 스포츠 및 어드벤처 서비스, 7) 광고 및 마케팅 커뮤니케이션, 8) 디자인 서비스, 9) 음악 및 엔터테인먼트, 10) 게임 산업, 11) 라디오 및 음향 제작, 12) 미술품 및 골동품 판매, 13) 댄스 및 극장, 14) 커뮤니케이션
독일	문화창조산업 11개 분야: 음악산업, 도서시장, 미술품시장, 영화산업, 방송산업, 공연예술시장, 디자인산업, 건축시장, 언론시장, 광고시장, 소프트웨어 및 게임산업
일본	창조산업 9개 분야: ① 패션 ② 음식 ③ 콘텐츠 ④ 지역토산품 ⑤ 주거 ⑥ 관광 ⑦ 광고 ⑧ 아트 ⑨ 디자인을 대상으로 하며, 일본의 고유문화를 기반으로 하는 것
싱가포르	영국의 창조산업 범위에 더하여 관련 유통산업 포함
UNC TAD	창조산업 9개 분야: 문화유산(문화장소, 전통문화), 예술(시각예술, 공연예술), 미디어(출판 및 인쇄매체, 오디오 비주얼), 기능적 창조(디자인, 창조서비스, 뉴미디어)
WIPO	전통적 문화산업(문학, 음악, 공연·시각 예술, 영화, 비디오, 출판, TV, 라디오, 컴퓨터 게임)을 중심으로 건축, 의류, 디자인, 패션, 장난감등 저작권 산업을 새롭게 추가하고, 박물관 및 도서관, 가전제품

자료: 대외경제정책연구원 (2013), “주요국의 창조경제 추진사례와 시사점”, 수정인용

2.3 해양창조경제와 해양창조산업

세계 각국은 21세기 들어 해양자원개발과 해양산업의 육성을 통해 지속가능한 성장을 가능하게 한다는 해양기반의 경제성장모델에 기인하고 있으며, 우리나라의 경제성장 전략도 육상위주에서 벗어나 해양의 적극적인 활용으로 범위를 넓혀가고 있다. 따라서 해양경제의 실현이 곧 창조경제의 실현임을 알 수 있다.

해양창조경제(Marine creative economy)는 “아이디어나 상상력을 바탕으로 혁신과 융합을 통하여 해양에서 새로운 경제적 가치와 일자리 창출이 지속적으로 선순환 되는 경제”라고 정의할 수 있다. 또한, 해양수산분야의 신산업 및 신시장 창출, 그리고 이에 따른 일자리를 창출하기 위한 생태계 조성이라고 정의할 수 있다. <그림 2-5>과 같이 해양수산 전반의 기술혁신과 융합을 촉진시켜 부가가치와 신산업, 그리고 고용을 창출하도록 하여, 미래 성장 동력산업으로 발돋움할 수 있는 생태계를 제공하는 중심 플랫폼(Platform)을 의미한다고 볼 수 있다.



<그림 2-5> 해양창조경제의 구성요소와 해양경제발전전략

해양에서 창조경제를 활성화해야 하는 이유는 앞에서 살펴본 바와 같이 육상 중심의 성장정책에는 한계가 있을 뿐만 아니라, 해양은 그 개발가치가 막대한 인류의 마지막 남은 미개척분야이기 때문이다.

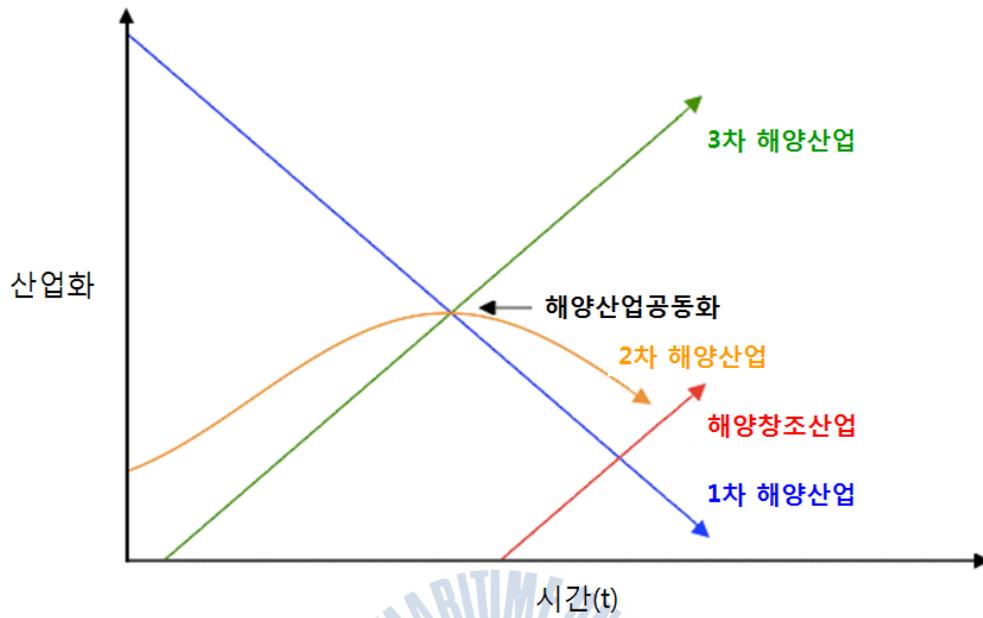
지금까지 우리나라의 해양경제는 영국의 콜린 클락(Colin Clark)의 산업분류에 따라 자연으로부터 자원을 직접 채취하거나 생산 활동 과정이 자연 환경과 직접 연관된 산업을 의미하는 어업 등과 같은 1차 산업과 1차 산업에서 얻은 생산물과 천연자원을 가공하여 인간에게 필요한 재화나 에너지를 생산하는 산업을 의미하는 조선산업 등과 같은 2차 산업이 주로 발전하였고, 1차 산업이나 2차 산업이 생산한 재화의 이동, 소비, 축적과 관련된 산업을 의미하는 해산물류, 해양관광 등과 같은 3차 산업도 많은 부분 발전하였다.

그러나 이러한 해양산업은 해양의 광범위한 발전가능성에 비해 일부분만 개발된 것으로 많은 이들이 그 혜택을 누리고 있지 못하며, 각 해양산업별로 독립된 거대 인프라 건설로 투자대비 생산효율에 한계를 가지고 있었다.

이러한 한계를 극복하기 위한 해결책으로 '해양창조경제'가 대두되었고 이는 단순히 1차 해양산업의 2·3차 해양산업으로의 확장이 아니라 1·2·3차 해양산업 간의 융합으로 새로운 '해양창조산업화'가 되어야 한다는 의미이다.

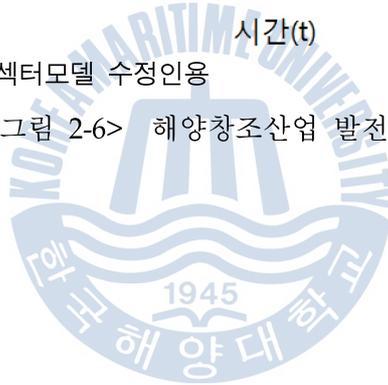
<그림 2-6>의 클라크 섹터모델로 이를 설명하면 1차, 2차 해양산업은 산업공동화(deindustrialization)⁷⁾로 이미 하락세에 있고, 이를 발전시키기 위한 해양창조산업이 대두되는 시기에 와 있으며, 선진 해양강국들은 이미 이를 발전시키기 위해 모든 국가역량을 집결하고 있다.

7) 제조업이 해외로 대거 진출함에 따라 국내 산업이 서비스업과 유통업 중심으로 재편되는 현상



자료 : 클라크 섹터모델 수정인용

<그림 2-6> 해양창조산업 발전추이



제 3 장 메카트로닉스와 메카트로닉스산업

제1절 메카트로닉스

1.1 메카트로닉스의 등장

세계 기계산업은 18세기, 산업혁명시기에 태동하여 지속적으로 발전되었고, 전통적인 기계산업이 발전한 시기를 일명 기계시대(Machine age)라고 정의할 수 있다. 이러한 기계시대는 1차, 2차 세계대전을 계기로 기계적인 핵심 메커니즘이 급격히 발전하여, 전통적인 기계기술의 개발은 완성되었다고 할 수 있다.

1980년대 이후 전통적인 기계산업은 발전의 한계를 극복하기 위해 자동화, 고속·정밀화 기술이 필요했고, 이에 대한 해답을 메카트로닉스에서 찾게 되었다.

메카트로닉스(Mechatronics)라는 말은 일본의 야스가와 전기에 의해서 1969년 Mecha(nism)과 (Elec)tronics를 조합하여 조어되어 사용되었다. 이후 1971년 야스가와 전기(Yaskawa)에서 일본공업계에 메카트로닉스(Mechatronics)라는 용어에 대한 상표권을 취득하였고, 1982년 메카트로닉스 용어의 사용권을 야스가와 전기에서 내어놓은 이후 일반화된 용어로서 사용하게 되었다.

한편, 'Mechatronics'를 학술지 제목으로 하는 학회가 1990년도에 결성되었으며, 우리나라는 1970년대에 메카트로닉스 용어에 대한 자유로운 사용이 허용된 이후에, 뒤늦게 1980년대 중반부터 메카트로닉스라는 용어의 사용이 일반화되기 시작하였으며, 미국과 유럽 등 선진 기계강국들은 이와 유사한 용어로서 'Electro-mechanics'라는 용어가 혼용되어 사용하였다.

1.2 메카트로닉스의 개념

이러한 메카트로닉스란 용어는 기구(Mechanism) 또는 기계공학(Mechanics)과 전자공학(Electronics)과의 결합을 의미하는 용어의 개념에서 확대되어, 현재는 정보공학(Informatics), 디자인(Design), 시스템사고(Systems thinking) 등 인문학적인 요소까지 포함된 보다 넓은 폭 의미로 적용되고 있다. 즉, 메카트로닉스란 기계기술과 전자기술, 정보처리기술 등을 응용하여 목적에 적합한 시스템을 구성하는 기술로 정의되고 있는 것이다.

즉, 최초 기계공학과 전자공학의 융합을 의미했던 메카트로닉스라는 용어는 1970년대 “복잡한 전장부(電裝部)를 가진 간단한 기구부(Simplified mechanism with sophisticated functions in electronics)”란 의미로 발전하였고, 현재에는 <표 3-1>에서 보듯이 여러 가지 의미로 메카트로닉스는 정의되기 시작하였다. 최초의 국제 학술지로 간행된 ‘Mechatronics’지에서는 메카트로닉스라는 용어를 “메카트로닉스의 기본 형태는 현대적인 공학과정에서 기계공학과 전기공학의 융합 (Mechatronics in its fundamental form can be regarded as the fusion of mechanical and electrical disciplines in modern engineering process.)”으로 정의하고 있으며, 위키피디아(Wikipedia, 2013)에서는 “기계(Mechanics)와 전자(Electronics)의 융합기술로서, 지능형 로봇, 반도체·디스플레이 제조장비, 각종 자동화장비 산업의 기반이 되는 기술”이라고 명시하고 있다.

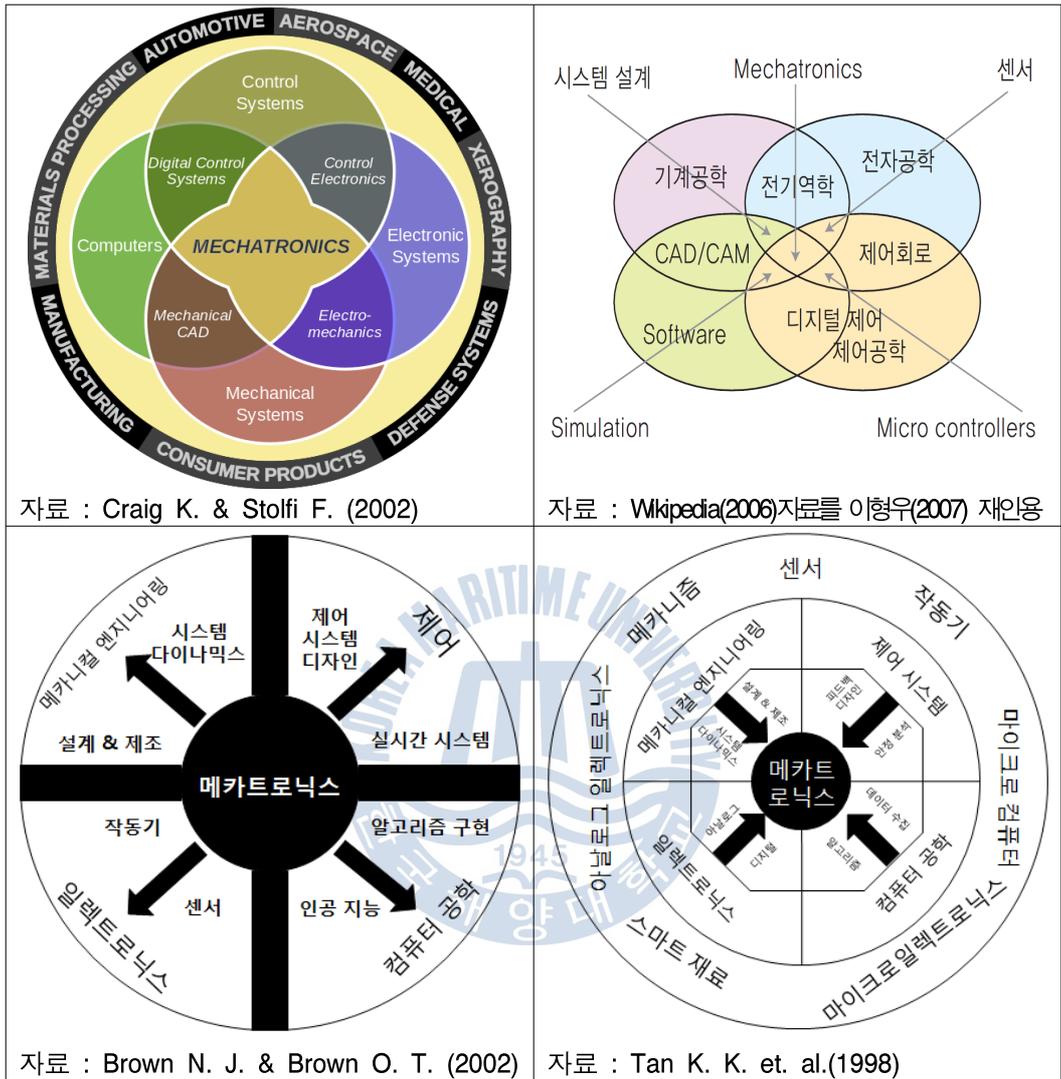
특히, 해외 메카트로닉스 정의의 특징은 <그림 3-1>에서 보듯 공학인 메카트로닉스 기본요소 뿐만 아니라 디자인, 시스템사고 등 산업적 필요성과 기술한계를 극복하기 위해 인문학을 비롯한 다양한 분야들의 융합을 추진하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 메카트로닉스 특유의 융합성에 기인한 것으로 메카트로닉스가 타 분야 간 융합으로 새로운 가치를 추구하는 창조경제시대의 핵심요소로 부각되는 이유이다.

<표 3-1> 해외 메카트로닉스 정의

연구자	정의
Applied Mechatronics	"Interdisciplinary engineering field comprising the design and development of smart electromechanical systems."
Chico State University	"Field of study that combines the fundamentals of Mechanical, Electrical, and Computer Engineering"
Clemson University	"The blending of software [and] hardware for the design [and] analysis of advanced control techniques"
Design with Microprocessors for Mechanical Engineers	"Science that integrates mechanical devices with electronic controls"
Industrial Research and Development Advisory Committee of the European Community	"Synergistic combination of precision engineering, electronic control and systems thinking in the design of products and manufacturing processes."
Introduction to Mechatronics and Measurement Systems	"The interdisciplinary field of engineering dealing with the design of products whose function relies on the integration of mechanical and electronic components coordinated by a control architecture."
Journal of Mechatronics	"The synergistic combination of precision mechanical engineering, electronic control and systems thinking in the design of products and manufacturing processes"
Loughborough University (United Kingdom)	"Mechatronics is a design philosophy that utilizes a synergistic integration of Mechanics, Electronics and Computer Technology (or IT) to produce enhanced products, processes or systems."
ME Magazine	"The synergistic use of precision engineering, control theory, computer science, and sensor and actuator technology to design improved products and processes" "simply the application of the latest techniques in precision mechanical engineering, controls theory, computer science, and electronics to the design process to create more functional and adaptable products."
Mechatronics	"The synergistic integration of mechanical engineering with electronics and electrical systems with intelligent computer control in the design and manufacture of industrial products, processes, and operations."
Mechatronics - A Foundation Course	"The synergistic application of mechanics, electronics, and computer engineering in the development of electromechanical products and systems through an integrated design approach."

연구자	정의
Mechatronics - Electromechanics and Controlmechanics (book)	"Crossdisciplinary [field] ... that simultaneously involves mechanics, electronics, and control of computer-integrated electromechanical systems"
Mechatronics - Electronic Control Systems in Mechanical Engineering	"Integration of electronics, control engineering and mechanical engineering"
Mechatronics - Electronics in products and processes	"An integrating theme within the design process [combining] electronic engineering, computing and mechanical engineering"
Mechatronics - Mechanical System Interfacing	"The application of complex decision making to the operation of physical systems"
Mechatronics Engineering	"Preplanned activity to consider electrical, mechanical, and software constraints over the product life cycle in a simultaneous manner early in the development process"
Mechatronics System Design	"Methodology used for the optimal design of electromechanical products"
Rensselaer Polytechnic Institute (Kevin Craig)	"The synergistic combination of mechanical engineering, electronics, control systems and computers, all integrated through the design process."
University of California at Berkeley	"A flexible, multi-technological approach in the integration of Mechanical Engineering, Computer Engineering, Electronics, and Information Sciences"
University of Linz	"Technical systems operating mechanically with respect to at least some kernel functions but with more or less electronics supporting the mechanical parts decisively"
University of Washington	"The integrated study of the design of systems and products in which computation, mechanization, actuation, sensing, and control are designed together to achieve improved product quality and performance."
Virginia Polytechnic Institute	"Mechatronics is concerned with the blending of mechanical, electronic, software, and control theory engineering topics into a unified framework that enhances the design process."

자료 : 콜로라도주립대학 홈페이지, Definitions of "Mechatronics"

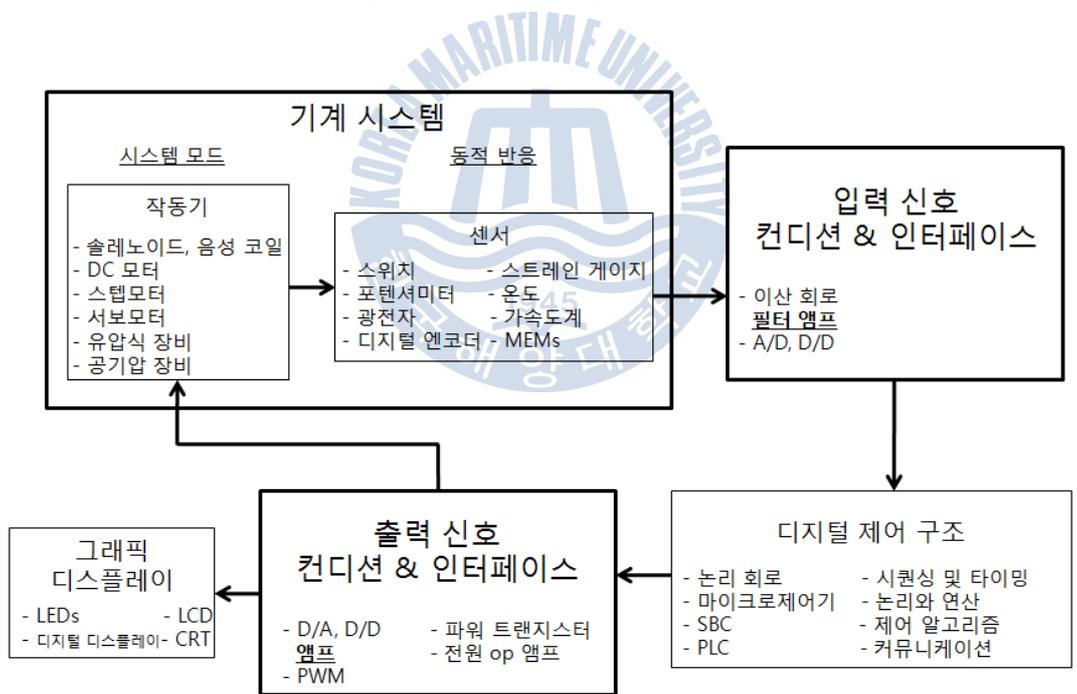


<그림 3-1> 메카트로닉스의 다양한 개념도

이와 달리 국내에서는 초기 정만태 외(1999) 등이 산업연구원에서 수행한 다수의 자료에는 1970년대 이후 기계 또는 기구에 전자기술이 결합되어 구성된 새로운 시스템을 지칭하는 용어로 사용되기 시작하여, 기구 또는 기계, 전자공학의 합성어로 조성되었으나, 컴퓨터기술을 비롯한 정보방송통신기술의 발전과 더불어 정보처

리기술을 포함한 보다 넓은 의미로 해석된다고 정의하였다. 이상철 등(2000)은 “메카니즘(Mechanism) 또는 메카닉스(Mechanics)와 일렉트로닉스(Electronics)를 합성된 용어로서 기계와 전자 및 정보에 관련한 기술·공학을 융합하여 종합적으로 이용하는 기술 및 공학”이라고 정의하고 있다. 김정두(2004)는 “현대의 메카트로닉스는 기계, 전자, 정보처리 기술을 이용하여 목적에 적합한 제품을 구현하는 기술”이라고 정의하고 있다. 즉 국내에서는 메카트로닉스의 도입이후 공학적인 부분과 생산기술적인 요소만으로 그 의미가 한정되어 있고, 메카트로닉스의 기본개념인 인문학 등 이질적인 타 분야와의 융합연구가 수행되지 않았다는 것을 알 수 있다.

메카트로닉스의 구성요소는 <그림 3-2>와 같이 아주 다양하며, 현재도 새로운 신기술이 채용되고 있어 한정짓기가 어려운 상태이다.



자료 : www.engr.colostate.edu, 수정인용

<그림 3-2> 메카트로닉스의 구성요소

제2절 메카트로닉스산업

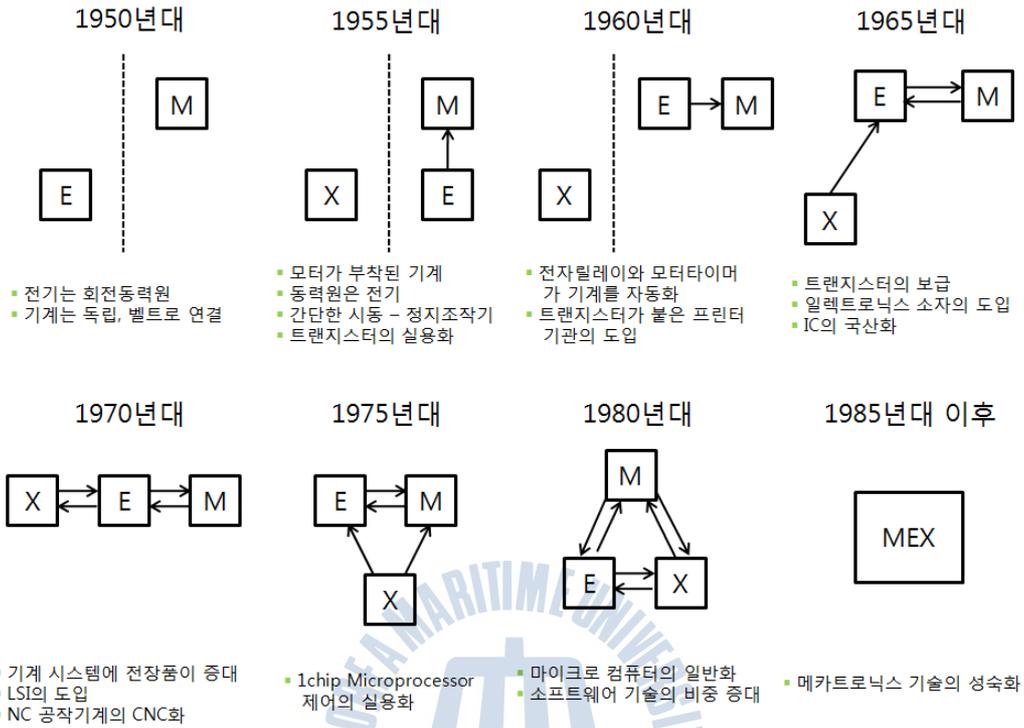
2.1 메카트로닉스산업의 발전

메카트로닉스산업은 1950년대부터 기계 분야의 한계를 극복하기 위해 전자기술을 비롯한 다양한 신규 기술 간의 융합으로 형성되었고, 현재도 새롭게 개발되는 다양한 첨단 기술들과 융합하여 지속적으로 변화하고 있다. 특히, 외부에서 자료를 받아 가공정보를 인식하고, 자동적인 가공이 가능한 획기적인 NC(Numerical Control : 수치제어)의 등장으로 메카트로닉스는 산업의 새로운 솔루션으로 부각되었다.

1980년 이후에는 <그림 3-3>에서 보듯 첨단 컴퓨터 기술 및 정보처리 기술과의 융합을 통하여 비약적인 발전을 하였으며, 2010년도 이후에는 다양한 소재산업과 보급형 3D프린터 등 새로운 메타(Meta)기술의 등장으로 세계 메카트로닉스산업은 새로운 경지가 개척되고 있다.

메타기술이란, 기술을 만드는 기술이란 뜻으로 스스로 필요한 것을 만들거나, 기술구현을 보다 쉽게 효과적으로 만들 수 있게 하는 것을 목적으로 한다. 이 메타기술의 발전에는 핵심 기술요소인 메카트로닉스가 있으며 더불어 이 메타기술과 함께 메카트로닉스 기술도 기존 산업분야를 넘어 광범위하게 퍼지고 있다.

현재 메카트로닉스 기반의 메타기술은 하드웨어인 3D 프린터뿐만 아니라 소프트웨어를 만드는 소프트웨어 등 전 분야에 걸쳐 개발되고 있다. 주요한 사례로 근래 첨단 산업의 주요한 처리장치인 임베디드 프로세스를 이용한 하드웨어와 소프트웨어구성을 쉽게 사용할 수 있게 하는 “납땀을 안 해도 되는 보드”, “각 사용목적에 따라 자체 제작이 가능한 보급형 모듈로봇” 등이 이에 해당한다. 즉, 메타기술을 통해 일반 사용자는 하드웨어, 소프트웨어적으로 쉽게 자신의 아이디어를 보다 쉽게 구현할 수 있도록 돕는 것이다.



자료 : 瀧川 耕治(1990), 메카트로닉스 세계, p23. 수정인용

주 : M은 기계분야, E는 전기분야, X는 전자분야

<그림 3-3> 메카트로닉스기술의 발전

메타기술은 특히 누구나 아이디어만 있으면 간편하게 가치를 구현할 수 있게 함으로서 창조경제시대에 창조산업의 중심에 창의력이 중심역할을 하게하는 기술이라고 할 수 있다. 즉, 메카트로닉스 기술 기반의 메타기술을 바탕으로 초고속 인터넷을 통해 관련 기술을 획득이 용이하고, 협력체작으로 완성도 높은 새로운 제품과 서비스를 만들어 낼 수 있는 것이다.

예전에는 기존 소수의 업체 및 전문가집단 만이 가능했던 메카트로닉스 개발영역이 개방되었고, 현재 뿐만 아니라 앞으로도 다양한 개방형 플랫폼 형성으로 다

양한 비즈니스 기회를 창출할 수 있게 되었다. 이것은 해양에 대한 철저한 이해를 바탕으로 다양한 해양특성을 극복할 수 있는 새로운 가치기술이 필요한 해양창조 경제시대에 메카트로닉스가 새로운 대안점이 될 수 있는 이유가 된다.

현재의 메카트로닉스산업은 메타기술의 발전에 따라 기존의 기계기술, 전자기술, 컴퓨터 방송통신기술등 다양한 영역에서 감성공학 바탕의 휴먼디자인, 인문학을 통합한 융합산업화가 되고 있을 뿐만 아니라 산업과 기술의 공급과 수요가 규모를 갖춘 제조업 분야, 서비스업 분야뿐만 아니라 소규모 또는 개인까지 확대하는 경향을 보이고 있다.

메카트로닉스산업의 등장과 각종 타 산업과의 융합에 힘입어 산업 전반에 걸쳐 혁신 제품의 출현과 제품의 고급화가 가속화되고 있으며, 특히 개별기기의 자동화 및 공장자동화뿐만 아니라 개인용 모바일기기에 이르기까지 메카트로닉스산업의 범위는 날로 확대되고 있다. 메카트로닉스산업은 최근 모바일산업으로 대변되는 ICT산업의 발전으로 초고속정보통신기술, 센서기술, 음성인식기술, 신소재기술과 융합하여 앞으로 더욱 진전될 것으로 예상된다.

2.2 메카트로닉스산업의 범위

메카트로닉스산업의 범위는 기술의 적용범위가 전 산업에 해당되며, 지금도 꾸준히 그 범위가 확장되고 있어, 한정지어 규정하기가 어렵다. 그러나 메카트로닉스 핵심요소기술의 융합 방식에 따라 <표 3-2>의 4가지 메카트로닉스산업의 유형과 <표 3-3>의 8가지 메카트로닉스산업의 분류로 구분 지을 수 있다. 그러나 이러한 유형과 분류도 모든 메카트로닉스산업의 범위를 규정짓지 못하며, 이러한 점이 창조경제시대에 전 산업 간의 융합으로 새로운 가치를 창출하는 창조경제시대에 메카트로닉스의 역할이 중요한 이유이다.

<표 3-2> 메카트로닉스산업의 유형

유형	내용
제 1유형 (메카닉스계)	종래 고도의 메카니즘 제품에 일렉트로닉스 기술을 응용, 고도의 제어 기능을 부과하여 고성능 또는 다기능의 기계 장치로 만드는 유형
제 2유형 (메카니즘 - 일렉트로닉스계)	메카니즘으로 구성된 제어 기구를 일렉트로닉스로 일부 교환하여 메카니즘과 일렉트로닉스가 공존하는 유형
제 3유형 (광학 및 정밀기기계)	주로 정보 취급분야에서 메카니즘을 일렉트로닉스로 완전 대체한 유형
제 4유형 (일렉트로닉스계)	마이크로컴퓨터를 이용한 가전 제품과 같이 일렉트로닉스 기술을 응용하여 메카니즘이 단순화 되거나, 정보기기, 복사기와 같이 일렉트로닉스 주도형의 기기 내에 메카니즘이 공존하는 유형

자료 : 이상철 등 (2000), “인천지역 메카트로닉스산업 육성방안 및 2001년도 실행정책방안도출“

<표 3-3> 메카트로닉스산업의 분류

대분류	중분류	소분류
메카트로닉스 산업	지능형로봇	산업용 로봇, 개인용/서비스 로봇 등
	수치제어공작기계	NC 선반, 밀링 등
	자동 반송장치	무인반송차, 컨베이어, 모노레일 반송장치 등
	자동창고	입체자동창고, 자동포장 시스템 등
	산업용 제어장치	PLC, 계전기, 원격제어장치 등
	조립, 검사장비	전자부품 조립 및 검사 장비류 등
	반도체 제조장비	웨이퍼 가공/이송기, 반도체 조립장비 등
	센서/액츄에이터	광센서, Servo/Linear 모터

자료 : 대덕밸리 혁신 클러스터 분석 및 구축방안(2004).

2.3 메카트로닉스산업의 특성

메카트로닉스산업은 오래 전에 도입이 되었지만, 아직도 현존하는 거의 모든 제품에 아직까지 적용되고 있는 핵심산업이다. 또한 발전되는 산업기술요소에 따라

끊임없이 융합발전 되어야 하는 신기술산업으로 메카트로닉스산업의 발전여부에 따라 제품의 개발력 및 경쟁력을 결정하는 중요분야로 그 위상을 더욱 견고히 하고 있다.

메카트로닉스산업은 현대사회의 화두인 일자리 질 향상, 의료, 복지, 문화 등의 사회적인 분야에서도 큰 영향을 끼치는 파급력이 높은 산업이라고 할 수 있다.

선진 산업강국들은 이미 오래전부터 자국 산업의 기술 및 가격경쟁력 강화와 일자리 창출을 위한 창업을 활성화를 목표로 메카트로닉스산업 육성을 위한 다양한 정책적 지원을 추진하고 있다. 뿐만 아니라 신흥 제조국도 메카트로닉스산업의 육성이 국가산업의 경쟁력강화를 위한 필수요소로 인식하고 선진기술 도입과 더불어 기술개발에 박차를 가하고 있다.

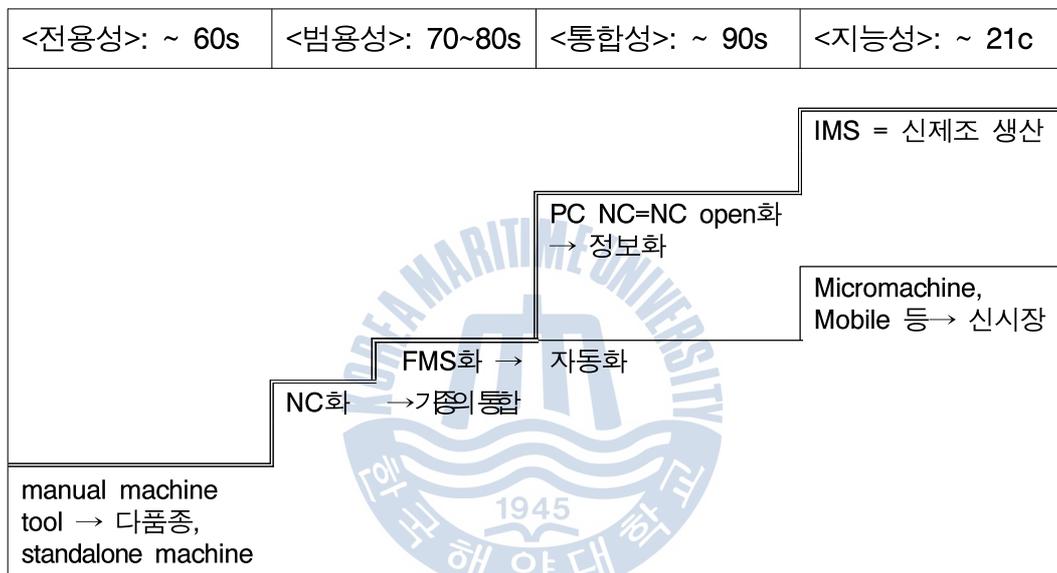
최근 메카트로닉스산업은 타 산업의 융합기술을 제공하는 기초기술로서의 위치 뿐만 아니라 새로운 산업을 창출하였는데, 옵토 메카트로닉스(Opto-mechatronics) 산업, 바이오 메카트로닉스(Bio-mechantronics)산업, 나노 메카트로닉스(Nano-mechantronics)산업 등이 해당된다. 아울러 창조경제 시대에 감성공학, 융합공학, 소재공학, 해양공학 등의 신분야가 화학적으로 결합되어 지속적으로 새로운 산업이 창출되고 있다.

그러나 메카트로닉스산업은 각 요소별로 원천기술이 확보되어야 하고, 지속적인 창조·융합화를 위한 자체 기술력이 필요하기 때문에 오랜 기간 지속적인 노하우 축적 및 대규모의 연구개발(R&D)이 필요한 첨단산업이자 지식중심산업이라고 할 수 있다. 이러한 산업적 특성 때문에 타 산업에 비해 선진 메카트로닉스강국들은 쉽게 따라 잡히지 않고, 산업 경쟁력을 여전히 유지하고 있다.

대표적인 예로 메카트로닉스산업의 강국이었던 일본은 지금은 제품경쟁력이 많이 약화되었지만, 메카트로닉스기술이 적용된 생산자동화제품분야에서는 여전히 경쟁력을 유지하고 있으며, 메카트로닉스산업의 강국인 독일은 유럽경제위기속에

서도 국가경쟁력이 날로 증대되고 있는 것을 볼 수 있다.

또 다른 메카트로닉스산업의 특징은 <그림 3-4>에서 살펴볼 수 있듯이 기술융합이 연속적으로 이루어지기보다는 새로운 기술의 등장에 따라 계단형으로 기술이 발전하는 특성이 있다. 현재도 새로운 기술의 등장에 따라 여전히 발전하고 있으며, 다양한 최신기술이 개발됨에 따라 더욱 비약적인 발전을 하고 있다.



자료 : 이상철 등 (2000), “인천지역 메카트로닉스산업 육성방안 및 2001년도 실행정책방안도출“

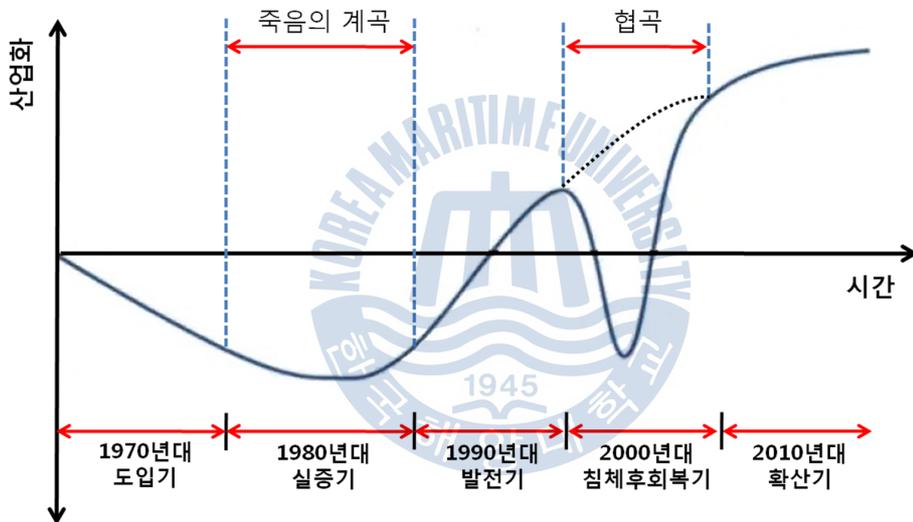
<그림 3-4> 메카트로닉스기술의 진화

2.4 메카트로닉스산업의 발전과정

우리나라의 메카트로닉스산업은 1950년대부터 발전한 세계 메카트로닉스산업에 비해 20여년 후인 1970년대부터 암실에서 음화필름현상처리를 위한 기본적인 매니플레이터(Manipulator) 개발로 시작되었다. 이 시기 수치제어가 가능한 공작기계는

주로 일본에서 도입되었고, 1977년에 이르러 기술제휴나 국내 조립방식을 통해 국내생산과 보급이 시작되었다. 그러나 우리나라 메카트로닉스산업은 철저하게 캐즘이론⁸⁾에 따라 발전과정을 거치는 것을 알 수 있다.

즉, <그림 3-5>에서 살펴보는 바와 같이 초기 1970년대 도입기 거쳐 및 80년대 실증기를 거치면서 메카트로닉스 기술을 도입한 많은 기업들이 경쟁에서 탈락하며 소수정예로 발전하기 시작한 국내 메카트로닉스 산업은 1990년도에 발전기를 통해 관련 업체수와 시장이 급성장하기 시작하였다.



<그림 3-5> 국내 메카트로닉스산업의 발전

그러나 1997년 IMF경제위기를 시발점으로 급속히 침체하기 시작하여, 2000년도에 들어서서는 기술수요의 확대에 한계에 봉착하였으며, 2008년 미국발 금융위기 등

8) 캐즘이론(Chasm 理論) : 제품이 아무리 훌륭해도 일반인들이 사용하기까지 넘어야 하는 침체기를 가리키는 말(네이버 지식백과)

으로 긴 협곡의 시간을 보낸 것으로 판단된다.

1990년대 후반부터 시작된 이 협곡구간에서는 기존의 많은 중소 메카트로닉스기업들은 탈락이 되었지만 관련 중견기업과 대기업은 급격한 매출신장을 가져왔다. 이러한 시기에 대표적인 메카트로닉스기업으로 삼성전자와 LG전자 등을 꼽을 수 있다.

현재는 우리나라의 메카트로닉스산업이 확산기에 접어들 것으로 판단된다. 하지만 국내 중소기업들은 아직 핵심 기술의 자립화율이 낮아 수입 의존도가 높은 한계를 가지고 있으며, 국제 경쟁력이 미비하여 수출 산업화가 부진하여, 산업화 속도가 예상보다 더디게 나타나고 있다.

메카트로닉스산업은 전자, 컴퓨터, ICT 기술을 선도하는 첨단산업으로 선진국에서는 중점적으로 육성하고 있으며, 아직도 성장하고 있는 기술이다. 따라서 집중적 기술 개발투자 없이는 경쟁력 확보가 어렵다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라, 창조경제 시대에 국내 타 산업에 대한 파급효과가 크므로 강력한 육성지원이 필요하다.

2.5 메카트로닉스산업의 미래

Chris Anderson(2012)은 그의 저서인 '메이커스'에서 향후 10년간은 새로운 산업 혁명이자 기술혁명인 "메이커 운동(Makers)"이 융성할 것이라고 주장하였다. 초고속 인터넷 인프라가 활성화되고, 세계 곳곳의 모든 제품제작이 컴퓨터를 사용하여 창조되고 개발됨에 따라, 앞으로는 기업위주의 소품종 대량생산체계에서 개인 중심의 다품종 소량생산체계로 변화될 것이라는 것이다.

이는 모든 제품제작이 컴퓨터를 통해 디지털화되고, 온라인쇼핑몰 등으로 공급 체인이 개방되고, 사업가들 보다 발명가 우선으로 사업화가 진행되며, 모든 개인이 디자이너로서 모든 것이 오픈 소스화되고 있기 때문이라고 볼 수 있다.

어떤 발명품이나 양질의 디자인을 가진 사람은 누구나 그 제품을 제작할 수 있는 곳에 파일을 업로드 하여 3D 프린터와 같은 기술을 위한 기술인 메타기술을 통해 스스로도 제작이 가능하며 미래의 사업가들이나 발명가들이 그들의 아이디어를 제품화하기 위해 더 이상 거대 기업에게 의존하지 않아도 된다는 의미이다.

즉, 21세기 산업 구조는 기존 산업체 중심의 발전에서 개인 중심으로 그 진행방향이 달라질 것이다. 즉, 규모가 큰 회사의 누군가에 의한 위로부터의(Top-down) 혁신보다는, 아마추어, 사업가, 전문가를 포함한 수많은 개인들에 의한 아래로부터의(Bottom-up) 혁신으로 변화될 것이다. 이러한 메이커운동의 핵심에 메카트로닉스산업이 있다고 할 수 있다.

이러한 흐름은 일자리 창출을 위한 창조경제시대에 각 개인의 책상 위에 '데스크톱 공장'이 들어서게 되는 것으로, 이를 실현하기 위해 개인용 컴퓨터와 함께 개인화된 메카트로닉스 제작도구인 3D 프린터, CNC 머신, 레이저 커터, 3D 스캐너 등이 저렴한 가격대로 상용화 되어, 미래에는 메카트로닉스산업의 적용분야 및 발전가능성이 더욱 확대될 것으로 예상된다.

제3절 융합과학으로서의 메카트로닉스

3.1 기술융합의 개념과 발전

기계과학, 전자과학의 두 이종분야의 결합으로 시작된 메카트로닉스는 타 분야 간의 다각적인 기술결합으로 융합기술의 혁신인 '기술융합' (Technology fusion)을 가져왔다.

Kodama(1991)는 메카트로닉스 제품으로부터 기술융합에 대한 아이디어를 얻게 되었으며, 그는 기술융합의 형태에는 기존 기술의 혁신(Breakthrough) 및 여러 기

술의 혁신이 동시다발적으로 일어나는 융합(Fusion)의 두 가지 종류가 있다고 주장하였다. Lee(2007)는 기술융합을 “2개 이상의 기술적인 구성요소가 화학적, 기계적인 결합을 통하여 기존 기술과는 전혀 다른 새로운 기능을 개발하는 기술혁신”이라고 정의하였다.

기술융합은 Park(2004)의 주장처럼 19세기부터 시작된 기술융합은 기계 가공기술 중심이었지만, 21세기에는 정보통신기술(ICT)을 중심으로 각종 디지털산업기술과 다른 첨단 분야 기술요소들이 융합하여 새로운 기술을 창조하고 있다. 이러한 기술융합의 개념이 확장된 것이 창조경제로 기존 기술융합 뿐만 아니라, 문화 등 다양한 사회적인 요소들의 결합으로 그 의미가 확장 되었고, 현재 이러한 융합의 중심에는 ICT가 있는 것을 알 수 있다.

이러한 기술융합은 기술혁신으로 인해 기업 생산성 향상 및 신제품 개발이 가능해지고, 개인과 집단의 성과 및 결국 삶의 질을 높인다. 뿐만 아니라 날이 갈수록 복잡해지는 기술로 인해 당면한 복잡한 문제해결을 위해서는 여러 기술분야의 융합을 필수적인 시대가 도래 하였다.

3.2 메카트로닉스의 융합과학화

기술융합은 발전을 거듭하여 과학기술뿐만 아니라 인문과학, 사회과학 등의 기존에 같이 고려되지 않았던 이질적인 학문들의 결합, 통합 및 응용하게 되었다. 이를 통하여 더욱 세분화된 새로운 과학 분야가 탄생하게 되었는데, 이를 융합과학이라고 한다. 기존 학문과 융합과학과의 차이점은 <표 3-4>에서 살펴볼 수 있다.

융합과학의 목적은 인문학, 사회과학, 예술, 공학, 과학 및 문화의 각각의 목적과 같이 여러 영역들을 동일한 창조와 융합의 정신, 원리로 탐구하여 “인간의 삶뿐만 아니라 인간성의 향상”을 목적으로 한다.

융합과학은 다소 분리되었던 자연의 지식 영역들의 경계에 따라 연구하므로 각 학문을 개별적으로 연구하지 않는다. 자연이라는 하나의 대상을 각 학문이 개별적인 특성은 유지하되 각각의 요소를 모두 고려하여 통합적인 탐구를 이루어낸다. 융합과학은 융합과학기술, 학제 간 과학, 통섭 등으로 나눌 수 있다.

융합과학기술은 하나의 목표를 이루기 위해 각각의 분야의 기술이 합쳐져 연구하는 것을 말하며, 연구한 후에도 각각의 분야는 그 고유한 성격을 잃지 않는다. 그 예로 지구온난화를 줄이기 위해 자연과학분야는 온실가스 저감기술 개발, 사회과학분야는 온실가스를 저감하기 위한 정책개발, 경제학에서는 지구온난화에 따른 각종 영향 분석 등 지구온난화의 억제라는 주제를 서로 다른 분야가 각각 연구하고 각각의 분야를 유지하여 결과를 내는 것이 융합과학기술의 예시라고 할 수 있다.

<표 3-4> 공학, 자연과학, 사회과학, 융합과학의 비교

구분	공학	자연과학	사회과학	융합과학
정의	공업 생산 기술을 자연과학적 방법과 성과에 따라서 개발·실천하는 응용과학(應用科學)	자연현상을 연구 대상으로 하는 과학으로 일반적으로 과학이라고 함	인간 사회의 여러 현상을 과학적·체계적으로 연구하는 모든 경험과학(經驗科學)	세분화된 학문들의 결합, 통합 및 응용을 통하여 만들어진 새로운 과학 분야
분야	기계·장치 또는 가공된 재료 등 인위적인 자연과 자연의 법칙을 탐구	자연현상	인간 사회의 여러 현상	과학, 기술 및 인문사회과학 등의 통섭

자료 : 두산백과, 위키 백과 홈페이지 자료를 연구자 재정리함

반면 학제 간 과학은 각각의 분야의 전문가들이 함께 팀을 이루어 단일학문의 범위를 벗어나는 주제에 대한 통합적인 연구를 하는 것으로 각각의 분야가 완전히

통합되어 연구가 이루어지는 것이다. 즉, 복잡한 이슈와 질문에 대해 각각의 학문적 데이터, 방법, 개념, 이론 등을 통합한 연구이다.

이는 물방울과 같이 작은 물방울 여러 개가 합쳐져서 좀 더 큰 물방울 하나가 탄생하는 것과 같이 고유의 과학기술분야가 통합되어 하나의 융합된 새로운 분야가 탄생되는 것이다. 메카트로닉스는 협의적 의미에서 학제 간 과학에 분류될 수 있다.

마지막으로 통섭(統攝, Consilience)은 ‘지식의 통합’이라고 부르기도 하며, 자연과학과 인문학, 사회과학을 연결하고자 하는 통합 학문 이론이다. 반면에 한편 통섭 이론의 연구 방향의 반대로, 전체를 각각의 부분으로 나누어 연구하는 환원주의도 있다.

이미 오래 전부터 메카트로닉스기술은 기존 과학 및 산업기술 뿐만 아니라 인문과학, 사회과학간의 상호 결합, 통합 및 응용에 다양한 이념·기술적인 단초를 제공하고 있다. 이는 현재 창조경제와 융합과학에서 추구하고 있는 목적과 동일한 것으로 여러 타 분야와의 결합을 통해 새로운 산업적 가치를 창출하는 창조경제와 융합과학 탄생의 원천은 메카트로닉스로부터 시작하였다고 볼 수 있다.

제 4 장 마린 메카트로닉스

제1절 마린 메카트로닉스

1.1 마린 메카트로닉스의 정의

타 산업의 융합기술을 제공하는 기초기술로서의 메카트로닉스산업은 그동안 역할을 감당하였으며, 뿐만 아니라 나노 메카트로닉스(Nano-mechatronics), 바이오 메카트로닉스(Bio-mechatronics), 옵토 메카트로닉스(Opto-mechatronics) 등이 새로운 산업을 창출하였다. 우리나라의 신성장동력인 로봇공학 또한 새로운 학문이 아니라 그 근간은 메카트로닉스이며, 휴먼 메카트로닉스(Human-mechatronics)라고 부를 수 있다. 이처럼 메카트로닉스 기술은 생산공정부터 직간접적으로 우리 주위의 모든 산업에 적용되어 있다.

신해양산업 또한 수준에는 차이가 있지만 이미 모든 개발분야에 메카트로닉스적인 요소가 포함되어 있다. 즉 '총체적 유기체'로서 해양은 육상보다 더욱 다양한 환경 및 기술적인 고려가 반영이 되어야 하며, 심해의 경우는 개발정도에 있어 우주개발보다 더 어려운 극한기술(極限技術, Extreme Engineering)⁹⁾이 필요한 분야로서 이에 대한 해결책으로 메카트로닉스는 오래전부터 해양개발에 최적의 솔루션을 제공하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 우리나라가 세계 5대 해양강국에 진입하고 금융위기 이후 어려움을 겪고 있는 조선기자재산업을 비롯한 기존 해양산업에 새로운 활력소를 제공하며, 창조경제시대에 새로운 가치개발을 통한 일자리 창출을 위한 해결책으로 '마린 메카트로닉스(Marine-mechatronics)'를 제안하고자 한다.

9) 흔히 접하는 환경이 아닌 극한적인 환경을 극복하기 위한 기술

마린 메카트로닉스는 “해양이라는 특수한 환경의 이해를 바탕으로 해양창조산업의 발굴, 발전을 위하여 기계, 전자, 제어, 정보통신 간의 상승적 융합”을 꾀하는 일련의 학문과 산업을 의미한다.

기존 메카트로닉스와 마린 메카트로닉스의 차이점은 아래의 <표 4-1>에서 보는 바와 같이 단순히 육상위주의 메카트로닉스의 적용범위가 해양으로 넓어지는 것에 그치지 않고, 모든 구성요소가 긴밀하게 연결되어 있는 해양에 대한 철저한 이해를 바탕으로 해양뿐만 아니라 해양과 관련된 육상의 모든 요소가 포함된다.

그리고 시스템 구성의 경우에도 상호분리 되어 있고 일정 부분 안정상태를 이루고 있는 기존 메카트로닉스와는 달리, 마린 메카트로닉스는 긴밀한 상호작용이 필요하며, 현재 관련 산업이 진화·전개의 초기단계에 있어 매우 발전가능성이 높은 분야라고 할 수 있다.

<표 4-1> 메카트로닉스와 마린 메카트로닉스 간 차이점

구 분	메카트로닉스	마린 메카트로닉스
적용범위	단순 육상산업	포괄적인 해양 관련산업
환경조건	개방적	통합적
시스템 구성	상호분리	긴밀한 상호작용
연구단계	균형상태	진화·전개 초기단계

메카트로닉스학회에 따르면 마린 메카트로닉스 시스템에 있어서 관련 기술을 다음 <표 4-2>와 같이 예시하였다. 물론 마린 메카트로닉스에 자체에 대해 세부적인 연구를 통하여 작성된 것은 아니지만, 현재 학계에서 연구하는 주요 마린 메카트로닉스 기술분야가 대부분 언급되어 있으며, 광범위한 해양관련 첨단기술의 중심

에 마린 메카트로닉스가 있으며 긴밀한 관여하고 있음을 알 수 있다.

<표 4-2> 마린 메카트로닉스 시스템 기술분야

분야	세부내용
해양플랫폼	Novel platforms, including moorings, buoys, ships, tethered and untethered underwater robots, and gliders
해중로봇	Fleets, clusters, and formations of surface and underwater robotic vehicles
해양장비제어	Novel components and technologies as well as advanced control and automation strategies
해중네트워크	Seafloor observatories and distributed sensor networks
해양환경	Environmental monitoring and characterization systems
해양재난	Disaster monitoring and mitigation systems
심해저	Deep-sea measurement, sampling, and drilling systems
해양에너지	Systems for energy harvesting and flow containment
해양조사	Systems for in situ sensing, sampling and analysis and environmental perturbation experiments
해양관찰	Systems for inspection, remote observation, and physical intervention

자료 : 2012 Call for papers, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics

1.2 마린 메카트로닉스의 필요성

이전에 살펴보았던 신해양경제시대에 신해양산업의 발전을 위해 다양한 해양관련 구성원들이 다각적인 노력을 기울이고 있다. 그러나 해양산업의 구조적인 문제점으로 지적되었던 선박의 제조와 운영 중심의 해양산업 구조로 인해 진입장벽이 높은 해양에너지산업, 이산화탄소 해중저장 등과 같이 미래 고성장 신해양산업 분야로의 진출은 계속적으로 지연되고 있다.

미래 우리나라 경제를 이끌어갈 현 정부의 새로운 경제발전 패러다임인 창조경제와 창조산업도 과학기술, 문화 등 모든 분야에 상상력과 창의성을 접목하여 융합을 통해 신성장동력과 시장 활성화, 특히 일자리를 창출하기 위한 정책이라고 주장하고 있다. 그러나 그 실행계획상에 살펴볼 수 있듯이 그 적용범위가 전 분야에 해당되어 선택과 집중이 어렵고, 경쟁이 치열하며 가치창출의 한계에 봉착한 육상산업 위주의 개념제시로 산업계에서는 실제적인 적용에 어려움을 호소하고 있다.

또한 “무(無)에서 유(有)”를 만들어 내는 사전적인 뜻인 ‘창조(Creativity)’로 인해 실제 학계 및 산업에서는 “유(有)에서 새로운 유(有)”를 만들어 낸다는 새로운 의미로 창조를 재해석하는 등 실제적인 의미전달 또한 어려움이 있다.

그러나 우리나라가 선진산업강국으로 나아가고, 발전가능성이 높은 신해양산업에서 경쟁력 확보를 위해서는 해양창조산업이 발굴되어야 하며, 이 해양창조산업의 육성을 위한 핵심에는 ‘마린 메카트로닉스’가 있어야 함은 더욱 분명해 진다. 왜냐하면, 메카트로닉스는 이미 융합을 표명한 창조산업의 개념형성의 원천이 되고 있으며, 현재도 발전하고 있는 기술일 뿐만 아니라, 낙후된 해양산업을 해양창조산업화를 하기 위한 기초기반이 되기 때문이다.

메카트로닉스학회는 2012년 학술논문 작성주제를 ‘마린 메카트로닉스 시스템 (Marine Mechatronics Systems)’로 설정하고 해양산업 분야에서 중요한 위치를

차지하고 있는 마린 메카트로닉스 기술논문을 수집·편찬하였다. 논문공모문을 통해 우리가 해양에 깊이 관여되어 있을수록 우리는 해양에서 원활하게 작동할 수 있는 높은 수준의 마린 메카트로닉스 시스템을 필요로 한다고 밝히고 있다. 이는 해양의 특성 상 강한 수압, 전자계통 및 소재에 대한 변형, 강력한 유속, 전자기 신호의 감쇠와 같은 극한의 환경 하에서 운영되어야 하기 때문이다. 또한, 마린 메카트로닉스 적용분야로 심해저탐사, 자원의 획득, 해양환경관리, 국가 해양국방 체계, 해상물류, 해양레저 분야 등 신해양산업 분야를 언급하고 있다.

독일기계산업협회(VDMA)¹⁰⁾에 따르면 실제 유럽금융위기에도 우리나라와 같은 제조업 강국인 독일의 기계산업 분야는 성장세를 지속하고 있다. 성장의 원동력은 기계설비, 희유금속(rare metal) 채취, 친환경 에너지 분야의 매출증가로 인한 것으로 유럽금융위기 이후 타 유럽국가의 기계산업의 매출이 대폭 감소한 것과는 아주 대조적인 현상이다. 이는 독일의 기계뿐만 아니라 전기, 전자, IT산업 또한 동일하게 성장세를 유지하고 있는 것을 보면 독일의 성장 경쟁력은 이들 요소기술의 상승적 융합기술인 메카트로닉스에 있음을 알 수 있다.

또한, Bass et al.(2007)에 따르면 독일산업정책의 핵심에 해양산업정책이 있으며, 이를 육성·발전시키기 위해 독일정부는 매년 막대한 재정지원을 하고 있다. 이를 통해 독일의 해양산업, 특히 혁신적 해양산업분야 중소기업들을 통해 전 세계 점유율을 높이고 있다고 한다.

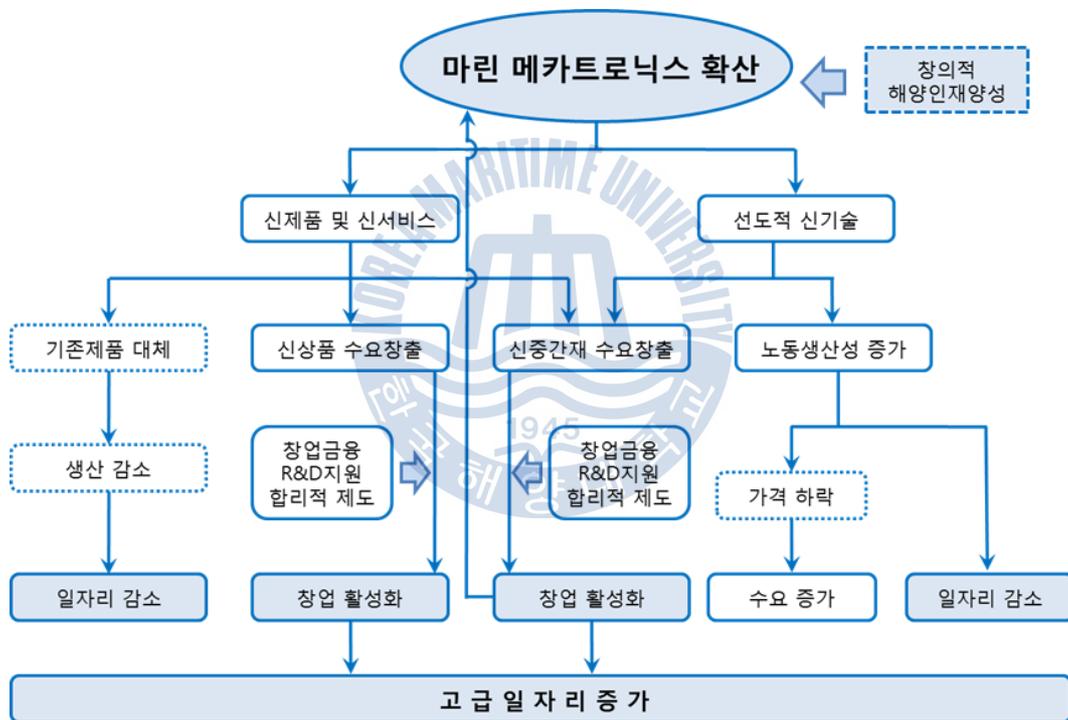
즉, 독일의 해양관련 메카트로닉스산업에 대해 직접적으로 연구된 바는 없지만, 독일은 전통적인 강점인 기계산업을 바탕으로 전기, 전자, IT산업이 균형적으로 발전되어있는, 메카트로닉스산업 강국이며, 뿐만 아니라 새로운 산업분야의 발육을 해양으로 설정하고, 이미 경쟁력을 확보한 '선진 마린 메카트로닉스산업국'임을 알 수 있다.

이에 독일의 경우에서 보듯 마린 메카트로닉스는 해양창조경제시대에 우리나라

10) 농축산물식품수출지원정보(www.kati.net)

의 신성장동력의 핵심요소로 생산성 증가와 일자리 창출에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단되어 진다.

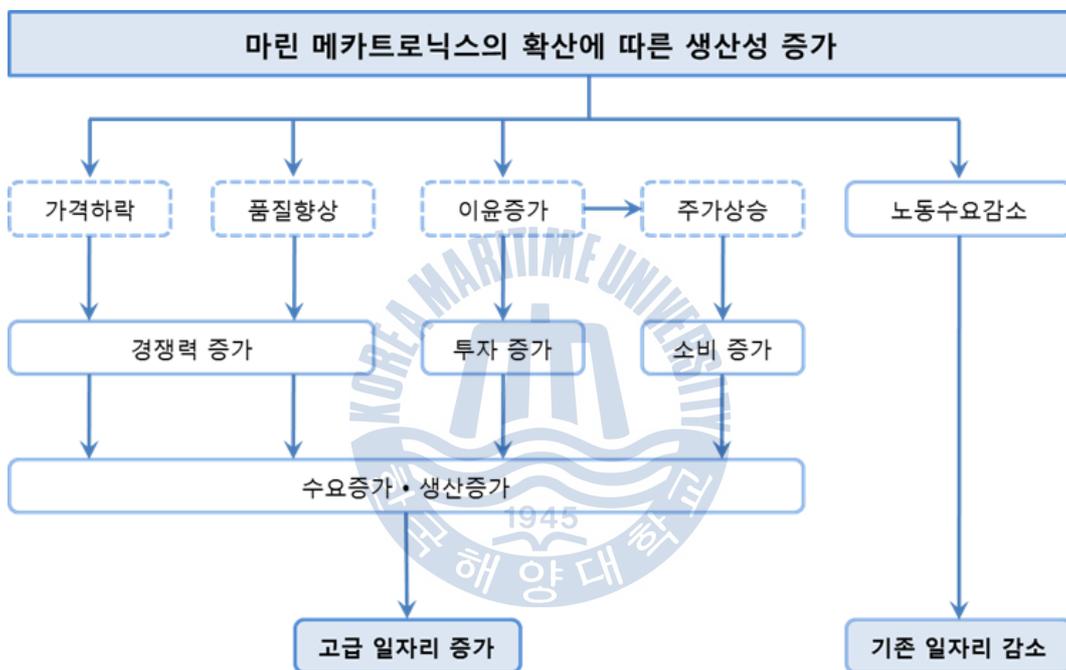
<그림 4-1>에서 보는 바와 같이 해양창조산업 활성화를 통한 마린 메카트로닉스의 확산은 신제품 및 신서비스, 선도적 신기술의 파생을 통하여 1차적으로 수요가 창출되어 창업이 활성화 된다. 물론 기존제품의 대체 및 노동생산성의 증가로 기존 일자리를 감소시키지만 창업활성화로 인한 일자리 증가치가 기존 일자리의 감소치보다 월등히 많아 전체적으로는 일자리가 크게 늘어나게 된다.



자료 : 허재준 (2013), “창조경제와 서비스 산업의 일자리 창출력 제고”, 저자 수정인용

<그림 4-1> 마린 메카트로닉스 확산과 고용효과

특히 마린 메카트로닉스의 확산으로 인한 생산성의 증가는 <그림 4-2>에서와 같이 기존 해양산업의 노동수요 감소치보다 품질향상, 가격하락에 따른 경쟁력 증가와 이윤증가에 따른 주가 상승으로 인한 투자와 소비 증가로 전체적으로 큰 폭의 일자리가 증가하게 되며, 해양창조경제의 최종목표인 해양에서 고급 일자리가 창출되게 되는 것이다.



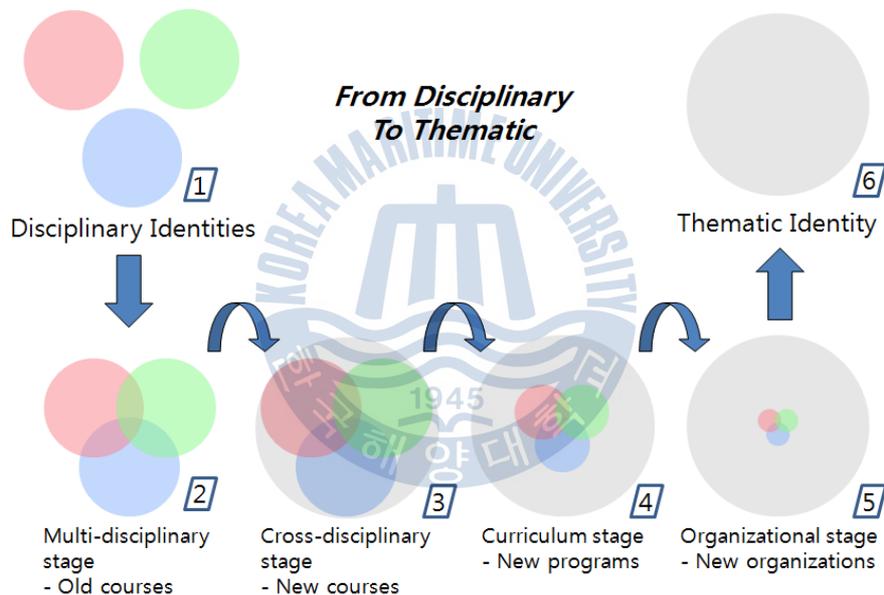
자료 : 허재준 (2013), “창조경제와 서비스 산업의 일자리 창출력 제고”, 저자 수정인용

<그림 4-2> 마린 메카트로닉스에 의한 생산성 증가가 일자리에 미치는 영향

1.3 마린 메카트로닉스의 발전방안

Grimhenden et al.(2005)은 <그림 4-3>에서와 같이 기존 구별되어 발전하던 각

요소 학문이 메카트로닉스로 융합화하는 과정을 각 단계로 나누어 설명하였다. 먼저 다학제적¹¹⁾ 교육이 이루어지는 1단계, 여러 학문 분야에서 교육되던 내용을 모아 교육하는 2단계를 거쳐 다학제(多學際)적 교육과정이 융합되어 새로운 교과 과정이 탄생하는 3단계에 이르게 된다. 새로운 교육과정이 구성되어서 새로운 프로그램의 형태로 제공되는 4단계와 교육기관에 새로운 조직이 만들어지는 5단계를 거쳐 새로이 출현한 메카트로닉스 학문분야가 하나의 새로운 개념으로 정립하는 단계인 6단계를 거치게 된다고 주장하였다.



자료 : Grimheden et al.(2005), "Mechatronics the evolution of an academic discipline in engineering education"

<그림 4-3> 학문영역으로서의 메카트로닉스의 발전단계

11) 단순한 학문 간의 협업 관계 정도가 아니라, 인문·사회과학과 자연과학 등 학문의 큰 범주를 넘나들고, 미시·거시적인 접근을 포괄하여, 총체적인 학문 영역 간 협력 활동

이 개념을 마린 메카트로닉스에 적용한다면 <그림 4-4>와 같이 기존 메카트로닉스, 해양산업 및 창조산업이 개별적으로 발전하고 있는 현 상태에서 이 세 분야의 초기 융합이 모색되는 단계를 거쳐 새로운 산업분야가 탄생하는 단계를 거치게 된다. 두 단계의 차이는 각 구성원 간의 새로운 신산업 탄생의 필요성이 부각되느냐로 구분되어 진다.

이후 탄생된 신산업은 결합된 각 산업이 신산업에 녹아 스며들게 되며, 융합으로 인한 성과가 도출되기 시작하는 단계를 거쳐 각 산업분야에 과급되어 영향을 미치기 시작하는 단계를 지나면 하나의 산업으로 자리를 잡게 된다고 할 수 있다.



자료 : Grimheden et al.(2005), "Mechatronics the evolution of an academic discipline in engineering education", 저자 수정인용

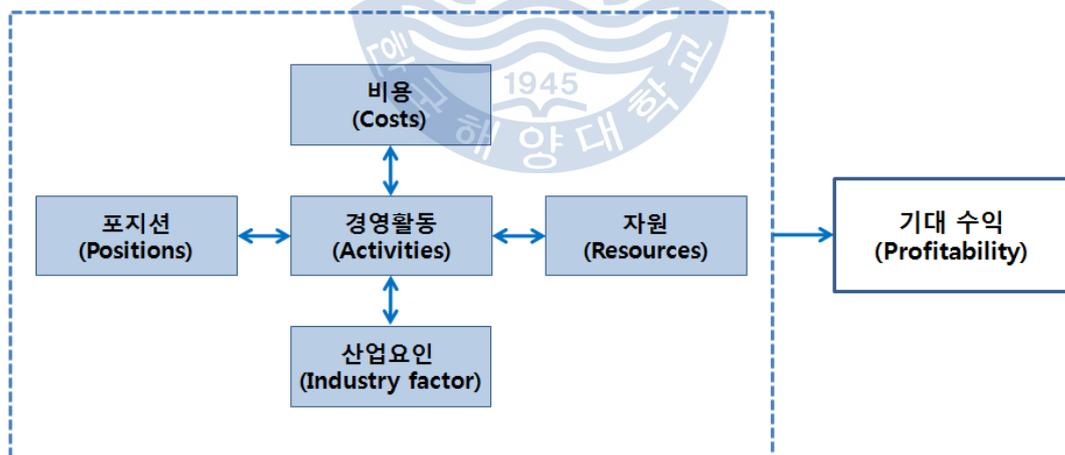
<그림 4-4> 마린 메카트로닉스로의 발전단계

현재 우리나라 메카트로닉스 산업은 개발 산업별 발전단계를 거쳐 초기 융합을 모색하는 단계에 있으며, 그 핵심역할에 메카트로닉스가 있다고 할 수 있다.

제2절 마린 메카트로닉스 산업모델

2.1 마린 메카트로닉스 산업모델의 필요성

마린 메카트로닉스가 명확한 산업화가 되기 위해서는 단순한 공간과 산업 간의 융합을 뛰어넘어 산업모델화를 통한 구조화가 필수적이다. 산업모델(Industry model)은 산업의 성과를 결정짓는 주요한 요인으로 산업이 시장에 많은 가치를 제공하기 위한 산업자원의 확보 및 이용, 이를 통해 성과와 일자리를 창출하는 방법으로 정의할 수 있다. 이는 기업이 고객에게 경쟁기업보다 많은 가치를 제공하기 위한 기업자원의 확보 및 이용, 이를 통해 돈을 버는 방법을 의미하는 비즈니스 모델과는 차이가 있다. Afuah 비즈니스 모델은 <그림 4-5>와 같이 한 기업이 현재 어떻게 돈을 벌고 있고 장기적으로 돈을 벌기 위해 어떻게 계획을 수립할 것인가를 상세히 설명해 준다.



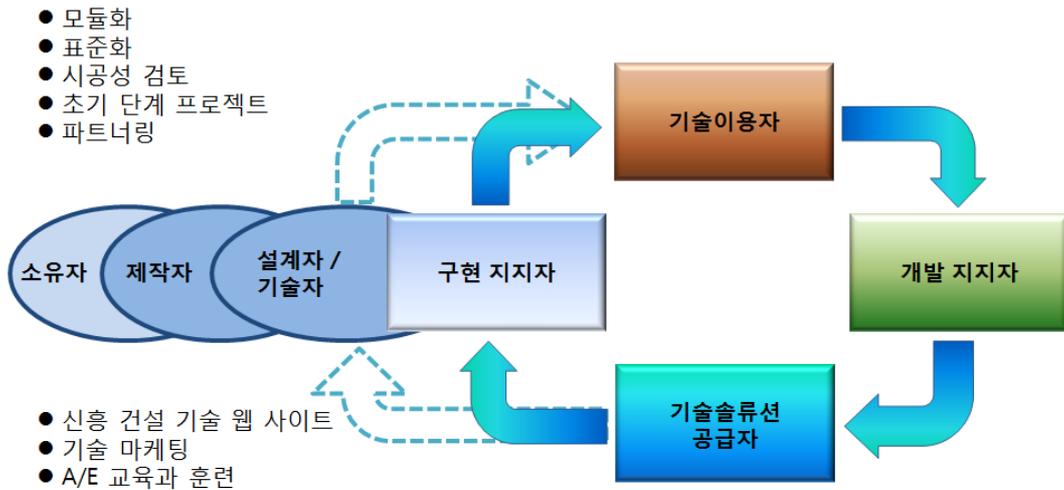
<그림 4-5> Afuah의 비즈니스 모델 구성요소

기존 비즈니스 모델(Business model)이 수익 극대화 및 지속화를 위해 그 실행의 주체인 기업의 활동 및 관련 자원간의 구성에 집중하는 반면, 산업모델은 신규 분야 산업이 잉태되고 정립되기 위해 그 산업 자체의 각 구성요소가 시너지효과가 극대화되는 방향으로 융합되어 기존 단편적인 산업이 도출할 수 없는 성과와 가치를 만들어 내는데 그 목적이 있다. 비즈니스 모델과 산업모델을 비교하면 <표 4-3>와 같다.

<표 4-3> 비즈니스모델과 산업모델의 비교

구 분	비즈니스모델	산업모델
목 적	기업의 이익	새로운 성과와 가치창출
구성요소	기업 자원	관련 기술
대 상	고객	전 구성원

산업모델과 관련한 선행 연구로는 류귀진(2010)은 산업간 융합 서비스 모델 개발 프레임 워크에 대해 연구하여 산업수준으로 관점을 높이고 타 산업과의 융합을 고려하여 산업별 가치 사슬 분석을 통하여 융합 가치 사슬을 도출하고 구체적인 개발 프로세스를 연구하였고 서주원, 황찬규(2010)는 <그림 4-6>과 같이 건설산업 분야에서 기술경쟁력을 가진 건설 분야와 IT 분야의 융합기술 개발을 통한 융합개발 모델을 제시하였다. 메카트로닉스 역시 기존 기계산업의 새로운 가치창출을 위해 전자, 제어, 정보통신 등과의 산업모델을 통해 창출되었으며, 기존 육상위주의 메카트로닉스의 한계를 뛰어넘고, 해양창조산업의 활성화를 위해 해양에서 새로운 성과와 가치를 창출하기 위한 핵심산업모델로 마린 메카트로닉스 산업모델의 필요성이 대두되고 있다.



자료: 서주원, 황찬규(2010), “건설분야의 IT 융합기술 개발모델”, 한국산학기술학회논문지 제11권 제4호, pp.1399-1404, 수정인용

<그림 4-6> 건설산업에서의 기술융합 모델

2.2 마린 메카트로닉스의 산업모델화

마린 메카트로닉스의 산업모델화가 되기 위해서는 기존 메카트로닉스의 구성요소인 기계, 전자, 제어, ICT가 해양이라는 극한의 환경요소 속에서 마린 메카트로닉스라는 견고한 중심축을 바탕으로 다양한 산업 간의 융합 시너지효과가 발생해야 한다.

먼저 수평축인 기계분야와 전자분야는 현재 모든 산업의 기본요소로 특정목적을 이루기 위해 각 요소기술 간 다각적인 수평결합을 통해 다양한 산업창출이 가능하게 하며, 이들 기계와 전자 요소간의 시너지 융합을 위해 수직축인 제어분야는 각 요소간의 깊은 부분까지 스며들어야 하며, 다양한 타 산업요소 간의 연결 및 다수 사용자의 다양한 활용을 위해 ICT분야는 더 높고 넓은 곳을 향해야 한다.

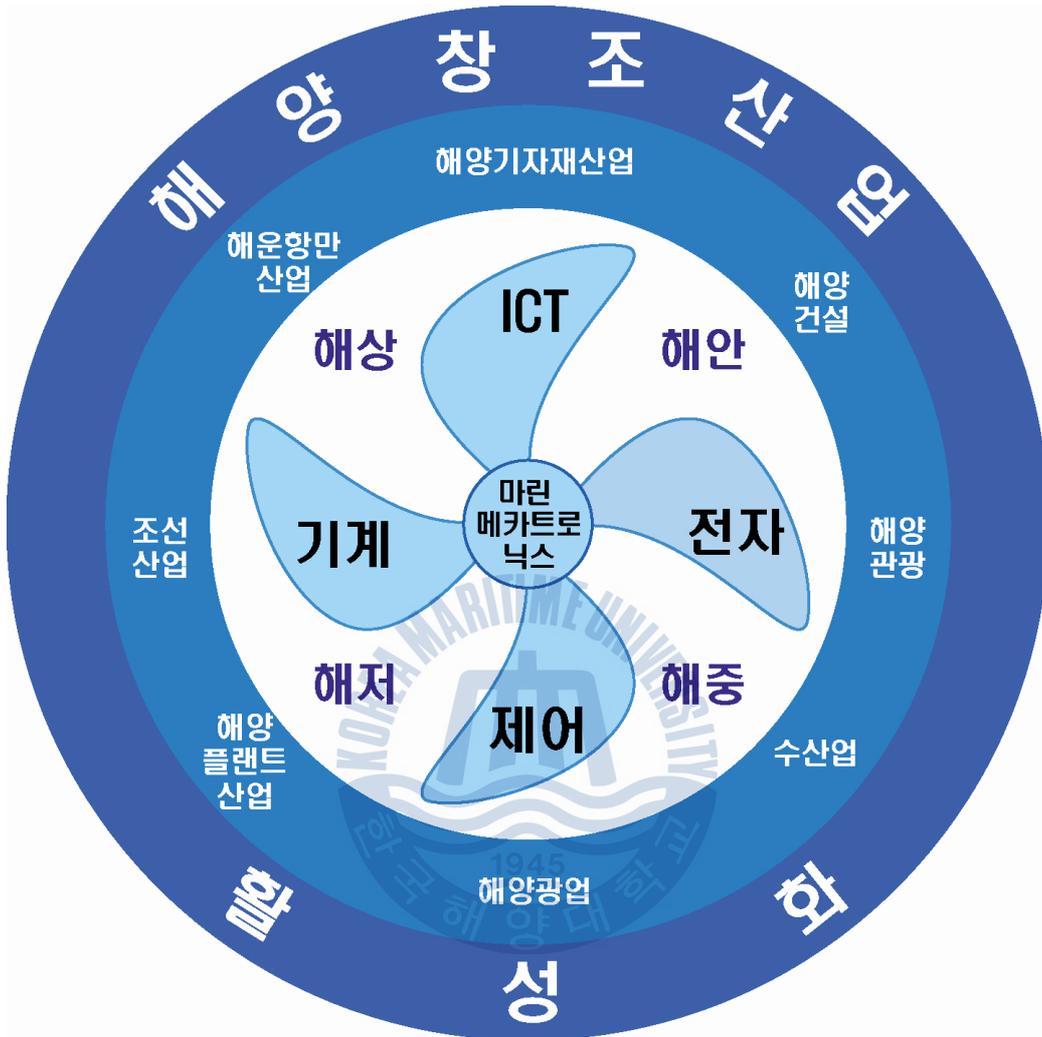
그러나 '리비히의 최소율 법칙(Liebig Law of minimum)¹²⁾'에 따라 선박의 프로펠러는 각 블레이드마다 크기와 모양이 동일하게 크고 같아야 가장 효과적이며, 큰 추진력을 얻는 것처럼 제시된 마린 메카트로닉스 산업모델 또한 일부 요소기술의 극대화나 중심화가 아니라 각 요소별로 균형적인 발전을 통해서만 마린 메카트로닉스 산업은 발전할 수 있다.

또한, 해양을 공간적으로 나누어보면 해안, 해상, 해중, 해저 4개의 공간으로 나눌 수 있는데 각 해양의 공간적인 요소의 특성을 명확히 파악하고, 2~3개 공간요소간의 시너지 결합을 통하여 늘 새로운 산업적 가치를 창출하고, 해양이라는 특수한 환경의 한계를 극복해야 한다.

<그림 4-7>에서 보듯 해양산업들의 해양공간요소별 명확한 구분은 없지만, 전통적인 해상산업인 해운산업과 항만산업, 해상과 해저에 걸쳐있는 조선산업과 해양플랜트산업, 해중산업인 해양광업과 수산업, 해안에서 해중까지 연관되어 있는 해양관광, 해양건설산업, 그리고 전 분야 걸쳐있는 해양기자재산업이 마린 메카트로닉스 기반의 해양창조산업화를 통해 우리나라 해양창조산업이 활성화되는 마린 메카트로닉스 산업모델을 제시하고자 한다.

해양창조산업의 활성화를 통해 우리나라가 세계 5대 해양강국 진입을 달성하고, 기존 해양산업에 새로운 가치창출 기회를 제공하며, 일자리 창출이 가능하게 될 것으로 예상된다.

12) 독일의 화학자인 리비히(Justus von Liebig)에 의해 주장, 식물의 성장은 햇빛, 물, 영양분 중 가장 풍부한 요인에 의해 결정되는 것이 아니라, 가장 부족한 하나의 요인에 의해 결정되는 것을 의미함.



<그림 4-7> 마린 메카트로닉스 산업모델

제3절 마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델 구축

3.1 시스템 다이내믹스의 개념과 특징

3.1.1 시스템 다이내믹스의 개념

본 연구에서는 마린 메카트로닉스에 관한 동적인 특징을 알아보기 위해 시스템 다이내믹스(System dynamics, SD)방법론을 사용하였다. 현재 시스템 다이내믹스 방법론은 인문사회과학을 비롯한 자연과학, 공학 등 다양한 학문분야에서 활발히 적용되고 있지만, 현재 해양 분야에는 적용한 사례가 적은 상태이므로, 향후 해양 관련 시스템 다이내믹스 연구가 수행되기를 기대하며 자세히 소개하고자 한다.

시스템 다이내믹스에 처음 접하는 사람들의 경우, 대부분 “시스템”이란 용어를 사전적인 의미인 “필요한 기능을 실현하기 위하여 관련 요소를 어떤 법칙에 따라 조합한 집합체(네이버 사전)”로 잘못 인식하여 시스템 다이내믹스를 오해하는 경우가 많다. 시스템 다이내믹스의 ‘시스템’의 의미는 “컴퓨터 기술이 발전함에 따라 대두된, 컴퓨터 시뮬레이션이 가능한, 피드백 사고를 바탕으로 한”의 의미를 가지고 있다.

시스템 다이내믹스는 1961년에 포레스터(Forrester, MIT) 교수가 노동력의 불안정한 변화, 산업체 재고량, 시장점유율의 감소문제를 다룬 ‘산업동태론’(Industrial dynamics)을 발표한 이후 공학, 기업경영, 공공정책, 뿐만 아니라 각 개인의 의사결정행위 등 광범위한 분야에 독창적인 방법으로 사용되어 왔다. 게다가 현재는 공학을 비롯한 매우 다양한 분야와 과제들에 왕성히 적용되고 있다. 특히, 사용하기 용이한 Ventana systems사의 시스템 다이내믹스 소프트웨어인 Vensim의 개발과 보급으로 전문가계층 뿐만 아니라 일반인들에게까지 널리 사용하게 되었다.

우리나라는 1990년대 초부터 개별적으로 시스템 다이내믹스를 도구로 사용하여 연구되기 시작하다가, 1999년 2월 김도훈, 문태훈, 김동환교수 공저로 ‘시스템 다이

내믹스'(대영출판사)가 출간되고 같은 해 8월, 국내 여러 뜻있는 연구자들에 의해 '한국시스템다이내믹스학회'가 설립되고 본격적으로 발전하기 시작하였다.

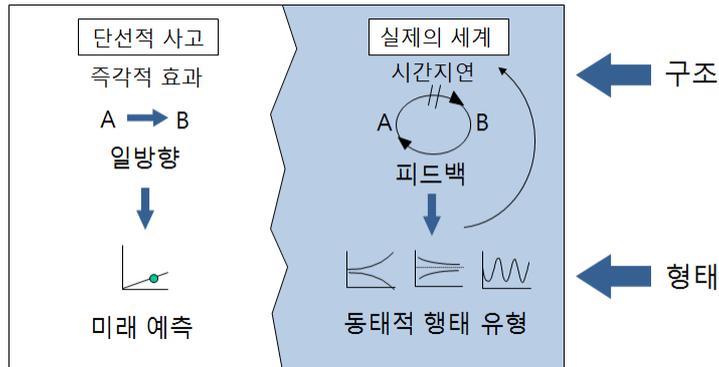
시스템 다이내믹스의 정의를 알아보면, 김도훈 등(1999)은 시스템 다이내믹스를 “분석하고자 하는 대상을 중심으로 직·간접적으로 연결된 변수들을 하나의 시스템으로 규정하고, 각 변수들 간의 사이를 정량화하여 모델링 하고, 모의실험을 통하여 동적인 특성을 밝혀내는 사고틀이자 분석틀”로 정의 하였다.

문태훈(2002)은 시스템 다이내믹스를 “동태적이고 순환적인 인과관계의 시각으로 현상을 이해하고 설명하거나(질적접근방법), 이러한 이해에 기초한 컴퓨터 모델을 구축하여 복잡한 인과관계로 구성된 현상이 어떻게 동태적으로 변해나가는지를 컴퓨터상에서 실험해 보는 방법론이자 현상을 바라보는 시각(양적접근방법)이며 준거틀(Framework)”로 정의하였다.

한국시스템다이내믹스학회의 홈페이지에는 시스템 다이내믹스를 “복잡한 피드백 시스템을 관리하고 연구하기 위한 접근방식이며, 모든 종류의 시스템을 실용적으로 묘사하기 위해 사용되는 시스템 사고를 컴퓨터 시뮬레이션화 하고, 평가하는 일련의 과정”이라고 정의하고 있다.

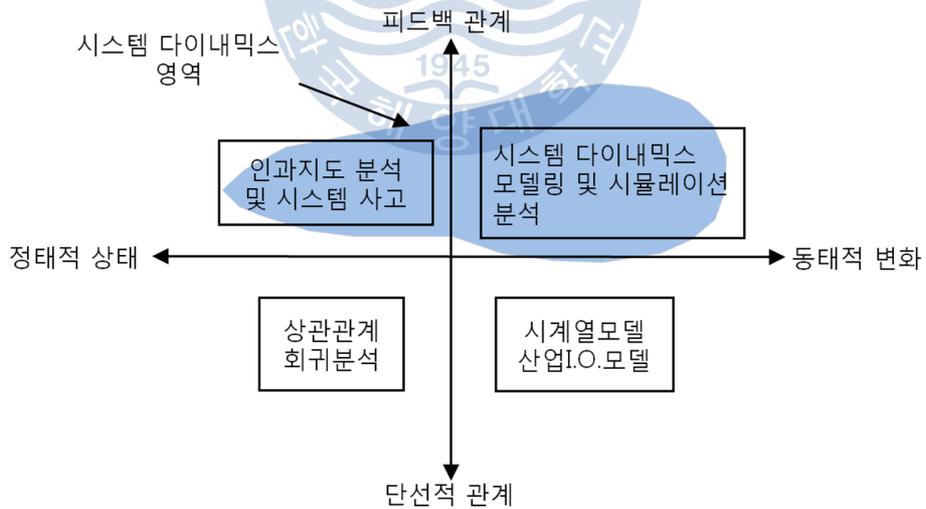
3.1.2 시스템 다이내믹스의 특징

시스템 다이내믹스의 특징은 김도훈 등(1999)은 “구성요소들 사이의 순환적 인과관계 및 피드백, 시스템 구성요소들의 시간의 흐름에 따라 변화, 시스템을 구성하는 부분을 분석하는 사고와 차례로 부분들을 연결함으로써 전체를 이해하는 통합적 사고의 조화”를 강조하고 있다. 즉, 시스템 다이내믹스의 가장 큰 특징을 정리하면 아래 <그림 4-8>에서 보듯이 체계의 동태적인 변화, 즉 시간의 경과에 따른 시스템의 발전과 쇠퇴 및 이러한 동태적인 변화의 근원적인 원인을 상식적인 피드백구조에서 찾는 것으로 수치의 정확성은 추구하지 않는다.



자료 : 김도훈, 문태훈, 김동환 (2001), “시스템 다이내믹스”, 수정인용
 <그림 4-8> 시스템 다이내믹스의 주요 특징

또한 시스템 다이내믹스의 특징을 타 학문과 차별되는 점으로 살펴본다면 명확해진다. 시스템 다이내믹스는 <그림 4-9>에서와 같이 단선적 관계보다 각 변수들 간의 인과관계를 강조 시 하는 피드백관계를, 시스템을 정적으로 보는 정태적 상태보다 끊임없이 진화하고 변화하는 동태적 변화를 분석하기 위한 방법론이다.



자료 : 김도훈, 문태훈, 김동환 (2001), “시스템 다이내믹스”, 수정인용
 <그림 4-9> 시스템 다이내믹스 방법론의 위상

더욱 명확한 특징은 오래전부터 인류와 함께 발전한 통계적 방식과 동태적 분석을 위한 시스템 다이내믹스를 비교하면 더욱 명확해 진다. 물론 현대의 통계학은 비선형 함수 및 피드백 순환관계와 같은 요소를 많은 부분 채용하고 있으므로, <표 4-4>는 시스템 다이내믹스의 특징을 살펴보기 위해 통계적 방식과 비교하였을 뿐이고, 통계적 방식을 정확하게 설명한 것은 아니다. 아울러 두 방법론은 서로 경쟁력인 관계가 아니라 서로 보완적인 관계에 있다.

<표 4-4> 시스템 다이내믹스와 통계적 방식의 비교

특 성	시스템 다이내믹스	통계적 방식
추론방식	변수들 간의 인과적 관계	기존의 경험적 자료
분석대상	동태적 행태 유형	정태적 행태
분석초점	다 변수들 간의 순환관계	두 변수 간의 상관관계
분석목표	구조적 정확성의 추구	수치적 정확성의 추구
현상예측	장기적 예측	단기적 예측
현장실험	쉬움	어려움

자료 : 김도훈, 문태훈, 김동환 (1999), "시스템 다이내믹스", 수정인용

추론방식으로 시스템 다이내믹스는 변수들 간의 인과적 관계를 중요시하지만, 통계적 방식은 기존의 경험적 자료를 중시 한다. 분석대상과 초점은 시스템 다이내믹스는 동태적 행태 유형을 통해 다양한 변수들 간의 피드백관계를 분석하지만, 통계적 방식은 정태적 행태를 통해 두 변수 간의 상관관계 분석에 주안점을 둔다. 분석 목표는 시스템 다이내믹스는 구조적 정확성을 추구하지만, 통계적 방식은 수치적 정확성을 추구한다. 이러한 이유로 시스템 다이내믹스는 장기적 예측에 적합하며, 통계적 방식은 단기적 예측에 적합하며, 현장실험의 경우 시스템 다이내믹스는 쉬우나, 통계적 방식은 어려운 특징이 있다. 이로 인해 동일한 과제에 대해 시스템 다이내믹스를 통계적 방식과 같이 수행한다면 더욱 정확한 연구수행이 가능해 진다.

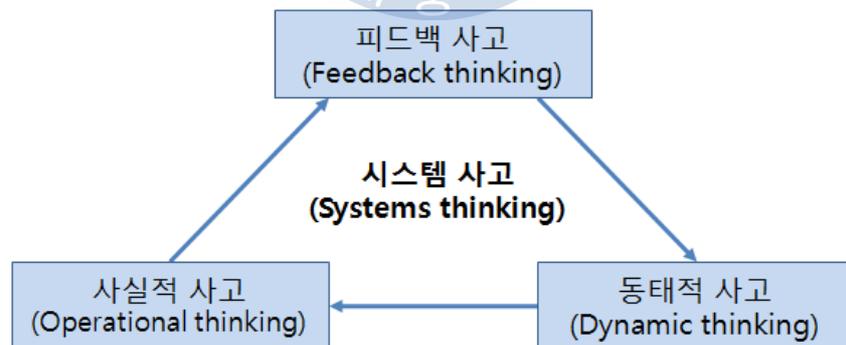
3.1.3 시스템 사고의 이해

시스템 다이내믹스는 정확하게 활용하기 위해서는 근원적인 사고체계인 ‘시스템 사고’(System thinking)를 명확하게 이해해야 한다.

Richmond(1993)는 ‘시스템 사고’의 반대 개념으로 현대사회의 주요한 사고방식을 ‘단선적 사고’(Laundry list thinking)로 명하였다. 단선적 사고란 하나의 원인에 하나의 결과를 도출한다고 생각하는 사고, 사회현상을 시간지연 없이 연속적이라고 생각하는 사고, 모든 시스템이 서로 분리되어 있다고 생각하는 사고를 말한다.

이러한 단선적 사고를 극복하기 위한 새로운 사고의 방법으로 많은 시스템 다이내믹스 학자들은 ‘시스템 사고’를 제안하고 있다. 김동환 (2004)은 시스템 사고의 의미를 “시스템 다이내믹스에 기인하며 시스템의 파동과 변화에 초점을 두는 사고, 변화를 촉진하는 양의 기운과 변화를 억제하는 음의 기운을 분석하는 사고, 그리고 순환적인 관계성인 피드백 루프를 찾아내려는 사고방식”으로 정리하고 있다.

이러한 시스템 사고를 갖추기 위해서는 <그림 4-10>과 같이 피드백 사고(Feedback thinking), 사실적 사고(Operational thinking), 동태적 사고(Dynamic thinking) 모두가 긴밀히 연결되어 있어야 한다.



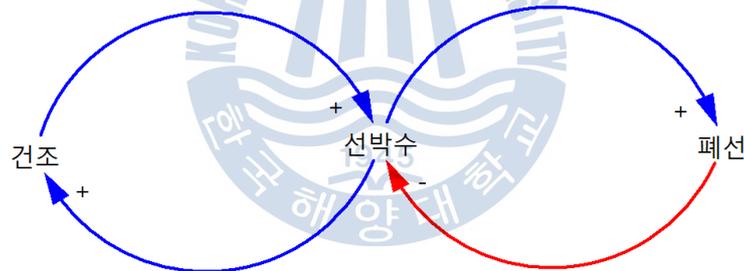
자료 : 김도훈, 문태훈, 김동환 (2001), “시스템 다이내믹스”, 수정인용

<그림 4-10> 시스템 사고 기본요소들 간의 상호관계

3.1.4 시스템 다이내믹스의 인과모델 개념

시스템 다이내믹스 모델링을 수행하기 위해 시스템의 피드백 구조를 파악하고, 파악된 인과내용을 표현하기 위해 시스템 다이내믹스에서는 인과모델(Causal model) 또는 인과지도(Causal map)라 불리는 방법을 사용한다.

Weick(1979)와 Hall(1994)은 이를 각 요소별로 자세하게 설명 하였는데, <그림 4-11>같이 표현할 수 있다. 먼저 요소와 요소 사이의 인과관계는 화살표 방향으로 표현하며, 화살표의 시작점이 원인이 되는 요소이며 화살표의 종착점이 영향을 받는 요소이다. 그리고 ‘+’ 나, ‘-’ 표시를 사용하여 인과관계 사이의 방향성을 표현할 수 있는데, 화살표 방향 표시부분의 ‘+’ 표시는 두 요소가 같은 방향이며, ‘-’ 표시는 두 요소가 다른 방향임을 의미한다. 아울러 다수의 인과관계들이 하나의 폐쇄된 원을 이룰 때, 이를 피드백 루프라고 부른다.

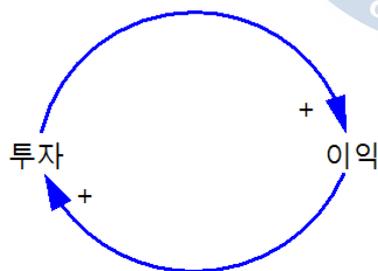


<그림 4-11> 선박수와 건조, 폐선 인과모델

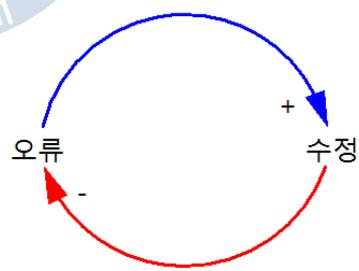
Goodman(1974)에 따르면 양의 피드백 루프(Positive feedback)는 자기 강화 피드백(Self-reinforcing feedback) 또는 일탈 강화 피드백(Deviation amplifying feedback)이라 불린다. 이러한 양의 피드백 루프는 시스템이 성장하거나 붕괴할 수 있음을 보여준다. 즉, 한 방향으로 변화가 지속되고 특정한 방향으로 움직임을 가속화 시키며, 변화의 파급효과에 따라 선순환 루프 혹은 악순환 루프가 될 수 있

다. <그림 4-12>은 양의 피드백 루프를 보여주는 예이다. 투자와 이익의 인과 순환적 관계를 나타내는 아래의 피드백 루프는 '투자가 늘어나면 이익이 커지고(+), 이익이 커지면 다시 투자를 늘리는(+)' 양의 피드백 루프를 보여준다. 그러나 이와 같은 관계는 거꾸로 '투자가 줄어들면 이익이 줄어들고(+), 이익이 줄어들면 다시 투자가 줄어들고(+)' 양의 피드백 루프가 될 수도 있다. 즉, 동일한 양의 피드백 루프는 시스템을 성장으로 이끌 수도 있지만 정반대로 악순환의 반복을 통한 실패로 나타날 수도 있다. 다시 말해 양의 피드백 루프가 성장이 아닌 축소를 지향하여 움직인다면 아래와 같은 구도에서는 시스템을 실패로 몰고 갈 것이다.

음의 피드백 루프(Negative feedback)는 목표지향형 피드백(Goal seeking feedback), 안정화 피드백(Stabilizing feedback), 자기억제 피드백(Self restraining feedback)이라 불린다. 이러한 음의 피드백 루프는 시스템을 정해진 목표치로 가져가고자 하며, 그런 상태를 유지하고자 하는 루프이다. 음의 피드백 루프의 예시로서 <그림 4-13>을 살펴보면, 오류와 수정의 두 변수는 시스템을 안정화시키는 인과순환 관계를 형성한다. 즉, 오류가 발생하면 이를 수정하려는 움직임이 커지며(+), 수정이 많아질수록 오류의 수는 줄어들게 된다(-).



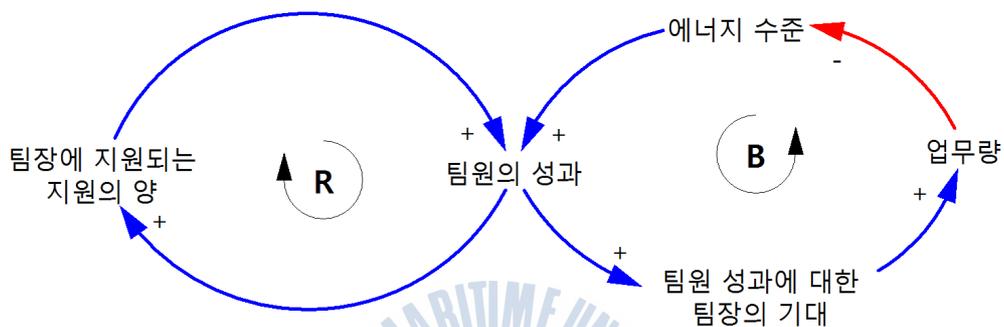
<그림 4-12> 양의 피드백 루프



<그림 4-13> 음의 피드백 루프

이와는 별도로 양의 피드백 루프와 음의 피드백 루프가 공존하는 경우가 있는데, <그림 4-14>가 그러한 사례를 나타낸다. 팀장이 팀원의 성과에 대한 기대를 높

게 가지면 팀원이 수행하는 업무의 시간이 늘어나고 결국 많은 에너지를 소비하게 되어 장기적으로는 부정적인 영향을 미치게 된다. 반면 팀원은 업무 성과가 높으면 업무 지원정도를 높이게 되고 업무적 지원을 많이 받으면 성과도 올라간다. 이런 경우에 성장의 한계라는 형태를 띠게 된다.



<그림 4-14> 양의 피드백 루프와 음의 피드백 루프가 공존하는 예시

지금까지 시스템 다이내믹스의 개념 및 방법에 대해 살펴보았다. 시스템 다이내믹스 연구방법은 현재 계량화 되어 있지 않으며, 전 산업분야와 연관이 있는 마린 메카트로닉스 산업의 활성화를 위한 방안을 마련하는데 아주 적합한 방법임을 알 수 있다.

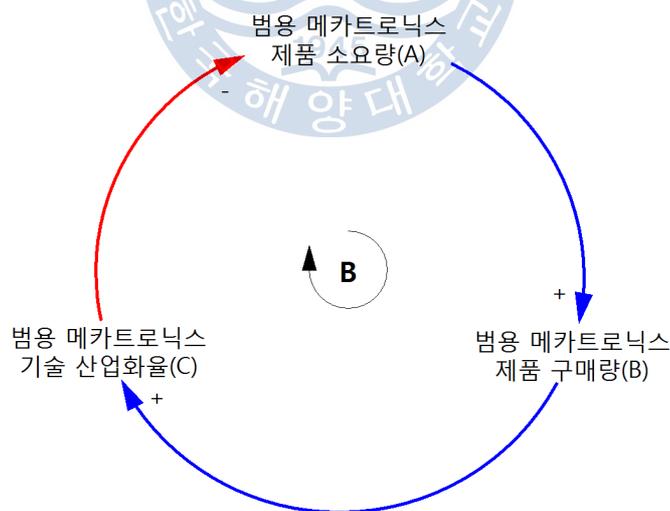
3.2 마린 메카트로닉스산업 활성화를 위한 인과모델 설계

마린 메카트로닉스산업 활성화를 인과모델을 설계하기 위해 먼저 마린 메카트로닉스산업의 수요모델, R&D투자모델, 기술개발체제모델, 제도모델을 통하여 마린 메카트로닉스산업의 기본적인 산업구조를 표현하고 이를 활성화 할 수 있는 방안을 살펴보았다.

3.2.1 마린 메카트로닉스산업의 수요

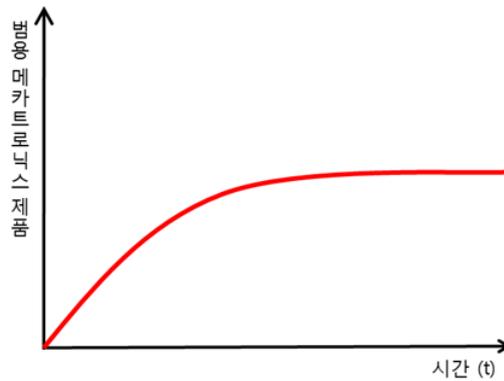
메카트로닉스산업의 기본구조 파악을 위해 메카트로닉스제품의 수요에 대한 인과모델을 작성하면 <그림 4-15>와 같다. 수요에 관한 인과모델은 마린 메카트로닉스에 대한 수요의 특성을 보여줄 수 있도록 편의상 기존 육상중심의 범용 메카트로닉스제품과 해양에 특성화된 첨단 마린 메카트로닉스제품으로 구분하여 작성하였다.

먼저 범용 메카트로닉스제품 소요량에 대한 인과모델을 보면 단순 메카트로닉스제품 소요량(A)의 증가는 범용 메카트로닉스제품 구매량(B)을 늘리게 되어 두 변수간의 인과관계는 양(+)¹⁾의 관계를 가지게 된다. 범용 메카트로닉스제품 구매량(B)과 산업화율(C)간 역시 구매량이 증가하면 목표하고자 하는 산업화율 또한 증가하기 때문에 두 변수간의 인과관계 역시 양(+)²⁾의 관계를 가지게 된다. 그러나 범용 메카트로닉스기술의 산업화율이 증가하면 범용 메카트로닉스 기술적용 제품에 대한 수요가 감소하기 때문에 두 변수 간에는 음(-)³⁾의 관계를 가지게 되며 따라서 전체적인 루프는 음(-)⁴⁾의 피드백 루프를 가지게 된다.



<그림 4-15> 범용 메카트로닉스제품 수요 인과모델

이를 시간의 흐름에 따라 보면 <그림 4-16>과 같이 일정시점까지는 증가하다 수렴(收斂, convergence)하는 형태를 가지게 된다.

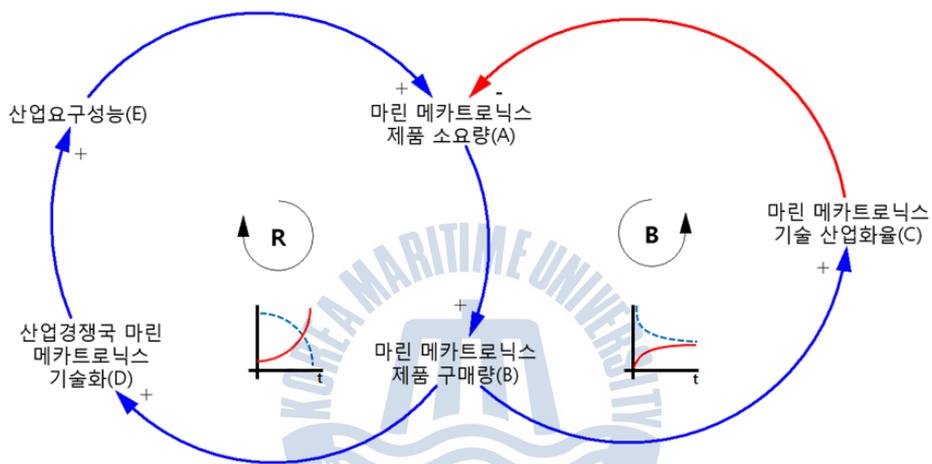


<그림 4-16> 범용 메카트로닉스제품의 수요 동태성

해양에 특성화된 첨단 마린 메카트로닉스제품의 수요에 대한 인과모델은 <그림 4-17>과 같다. 마린 메카트로닉스제품의 수요에 관한 인과모델의 기본 형태는 범용 메카트로닉스제품의 수요와 동일하다. B 피드백 루프와 같이 마린 메카트로닉스 제품 소요량(A)의 증가는 마린 메카트로닉스제품 구매량(B)을 늘리게 되어 두 변수간의 인과관계는 양(+)의 관계를 가지게 된다. 마린 메카트로닉스제품의 구매량(B)과 산업화율(C)간 역시 구매량이 증가하면 목표하고자 하는 산업화율 또한 증가하기 때문에 두 변수간의 인과관계 역시 양(+)의 관계를 가지게 된다. 그러나 마린 메카트로닉스기술의 산업화율(C)이 증가하면 마린 메카트로닉스제품에 대한 구매소요량(A)이 감소하기 때문에 두 변수 간에는 음(-)의 관계를 가지게 되며 따라서 전체적인 루프는 음(-)의 피드백 루프를 가지게 된다.

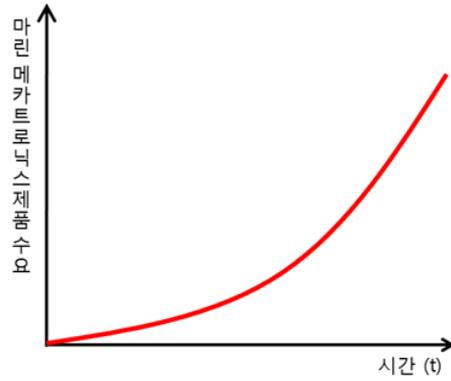
그러나 R 피드백 루프에서 보듯 마린 메카트로닉스 제품 소요량의 증가(A)는 외생적 환경 요인인 주요 산업경쟁국 마린 메카트로닉스 기술화(D)를 증가시키므

로 양의 관계를 가지게 된다. 산업경쟁국 마린 메카트로닉스 기술화(D)를 증가하는 산업요구성능(E)을 증가시키게 되므로 두 변수 간 인과관계 역시 양(+)의 관계를 가지게 된다. 산업요구성능(E)을 증가하는 마린 메카트로닉스제품 소요량(A)의 증가시키고 이는 마린 메카트로닉스제품에 대한 구매량(B)을 증가시키게 되므로 전체적으로 지속적으로 증가시킬 요인이 항상 존재하게 되는 것이다.



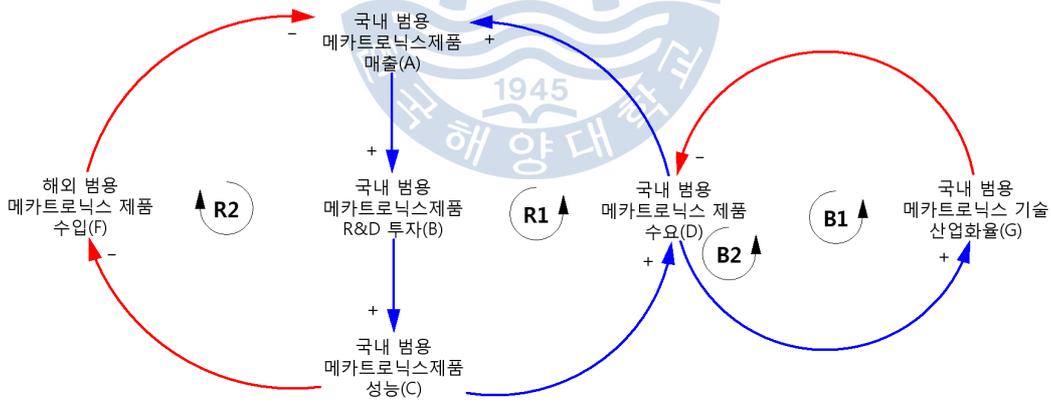
<그림 4-17> 마린 메카트로닉스제품 수요 인과모델

따라서 양(+)의 피드백 루프인 R 피드백 루프가 음(-)의 B 피드백 루프보다 강하게 작용한다면 마린 메카트로닉스에 대한 수요에 대한 동태성은 <그림 4-18>와 같이 지속적으로 상승하는 형태를 가지게 된다.



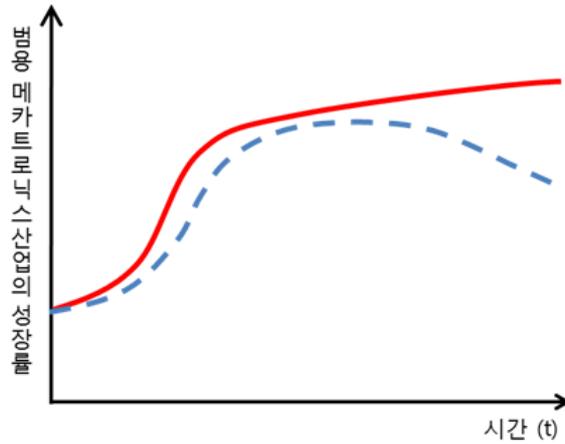
<그림 4-18> 마린 메카트로닉스제품 수요 동태성

<그림 4-19>은 그 동안의 범용 메카트로닉스산업의 성장과정과 한계를 나타내는 인과모델로 우리나라 전반적인 메카트로닉스산업의 발전과정과 현재의 모습을 잘 표현하고 있는 인과모델이라 할 수 있다.



<그림 4-19> 범용 메카트로닉스산업의 성장과 한계 인과모델

R1 피드백 루프에서 국내 범용 메카트로닉스제품 매출(A)의 증가는 국내 범용



<그림 4-20> 범용 메카트로닉스산업의 성장과 한계 동태성

3.2.2 마린 메카트로닉스산업 활성화를 위한 R&D투자

마린 메카트로닉스산업화에 영향을 미치는 R&D 투자부문에 관한 인과모델은 <그림 4-21>와 같다. 박헌준 등(2004)은 R&D 투자정책 등의 효과성에 대한 장기적인 순환효과 및 그 연구를 통한 정책설계의 체계적 접근을 위해 시스템 다이내믹스 인과모델을 활용하였으며, 조운숙 (2012)은 산업별 R&D 투자의 과급효과 분석을 위해 산업연관분석 등 계량적 모형을 시스템다이내믹스 모델링 방법을 통해 구현함으로써, 기존 계량적 방법의 수치적 정확성을 확보할 뿐만 아니라 변수의 동태적 변화를 반영할 수 있도록 하였다.

R&D 투자부문의 변수 설정은 연구자의 연구의도에 따라 시장 규모, 기존의 투자 규모, 투자액, 기업규모, 업종 시장상황, 대외지향성, 매출액, 시장점유율, 기업 규모, 감가상각, 현금흐름, 특히, 당기 순이익 등의 다양한 변수들을 사용하는데 본 마린 메카트로닉스산업 활성화를 위한 R&D 투자 인과모델을 <그림 4-21>에서와 같이 현재 해양산업의 주요한 요소를 반영한 7개의 피드백 루프가 생성되며, 모든 루프가 자기강화루프의 형태를 가지고 있다.

먼저, R1 피드백 루프는 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)는 양(+)의 관계에 있는 마린 메카트로닉스산업 R&D 수준(C)을 높이고, 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)을 증가시켜, 결과적으로 마린 메카트로닉스산업 수출경쟁력(E) 및 수출량(F)을 증가시켜 다시 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)를 증가시키는 피드백 루프이다.

R2 피드백 루프는 R1 피드백 루프와 같이 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)는 R&D 수준(C)의 향상과 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)을 증가시키고, 국내 마린 메카트로닉스 기술매력도(G)를 높여 음(-)의 관계에 있는 마린 메카트로닉스제품 수입(H)을 줄여, 역시 음(-)의 관계에 있는 마린 메카트로닉스산업 매출(A)을 증가(+)시키고, 이로 인해 다시 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)를 늘리게 된다.

R3 피드백 루프는 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)는 R&D 수준(C)의 향상으로 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)을 증가시키고, 이로 인해 해양과학기술 개발 가능성(I)을 높여, 수요 다변화(J)를 가져와 결국 마린 메카트로닉스산업 매출(A)을 증가시키고, 다시 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)를 증가시키는 피드백 루프이다.

R4 피드백 루프는 R2 피드백 루프와 같이 높아진 국내 마린 메카트로닉스 기술 매력도(G)로 해양창조산업 R&D 투자의지(K)를 높여 해양창조산업 R&D 투자(L)를 증가시키고, 이로 인해 마린 메카트로닉스 업체 간 공동개발 프로젝트 수(M)가 증가하여, 해양과학기술 개발 가능성(I)을 증가시키고, 이는 수요 다변화(J)를 가져와 마린 메카트로닉스 산업의 매출(A) 증가로 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)를 증가시키는 피드백 루프이다.

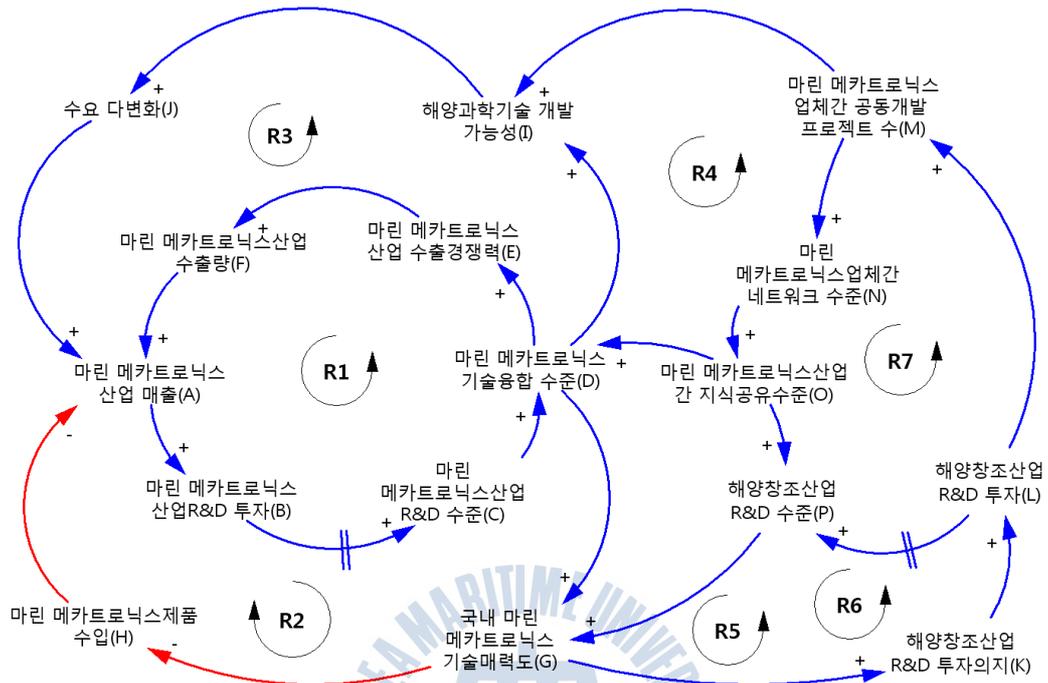
R1 ~ R4 피드백 루프에서 특징은 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)와 마린 메카트로닉스산업 R&D 수준(C) 간에는 시간지연이 존재하며, 이러한 시간지연은 R&D 투자(B)가 다시 매출(A)로 이어지는데 있어서도 작용하게 되는 특징이 있다.

R5 피드백 루프는 해양창조산업 R&D 투자(L)의 경우 해양창조산업 R&D 수준(P)을 높여, 국내 마린 메카트로닉스 기술매력도(G)를 높이고 양(+)의 관계에 있는 해양창조산업 R&D 투자의지(K)를 높여 해양창조산업 R&D 투자(L)가 늘어나는 피드백 루프이다. R5 피드백 루프에서 특징은 해양창조산업 R&D 투자(L)와 해양창조산업 R&D 수준(P) 간에는 시간지연이 존재하며, 이러한 시간지연은 R&D 투자(L)가 다시 R&D 투자의지(K)로 이어지는데 있어서도 작용하게 되는 특징이 있다.

R6 피드백 루프는 해양창조산업 R&D 투자(L)의 증가는 마린 메카트로닉스 업체 간 공동개발 프로젝트 수(M)를 증가시키고, 마린 메카트로닉스업체간 네트워크 수준(N)을 높여 마린 메카트로닉스산업간 지식공유수준(O)을 향상시키고, 이는 다시 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)을 향상시켜, 결국 국내 마린 메카트로닉스 기술매력도(G)를 높여 해양창조산업 R&D 투자의지(K) 향상으로 해양창조산업 R&D 투자(L)가 늘어나는 피드백 루프이다.

R7 피드백 루프는 해양창조산업 R&D 투자(L)의 증가는 R6루프와 같은 단계를 거쳐 해양창조산업의 R&D 수준(P)향상에 영향을 미치게 되고, 결국 해양창조산업 기술의 근간인 국내 마린 메카트로닉스 기술매력도(G)를 높여 해양창조산업 R&D 투자의지(K) 향상으로 해양창조산업 R&D 투자(L)가 늘어나는 피드백 루프이다.

마린 메카트로닉스 R&D투자 인과모델의 자세한 순환과정은 <표 4-6>과 같이 나타낼 수 된다.



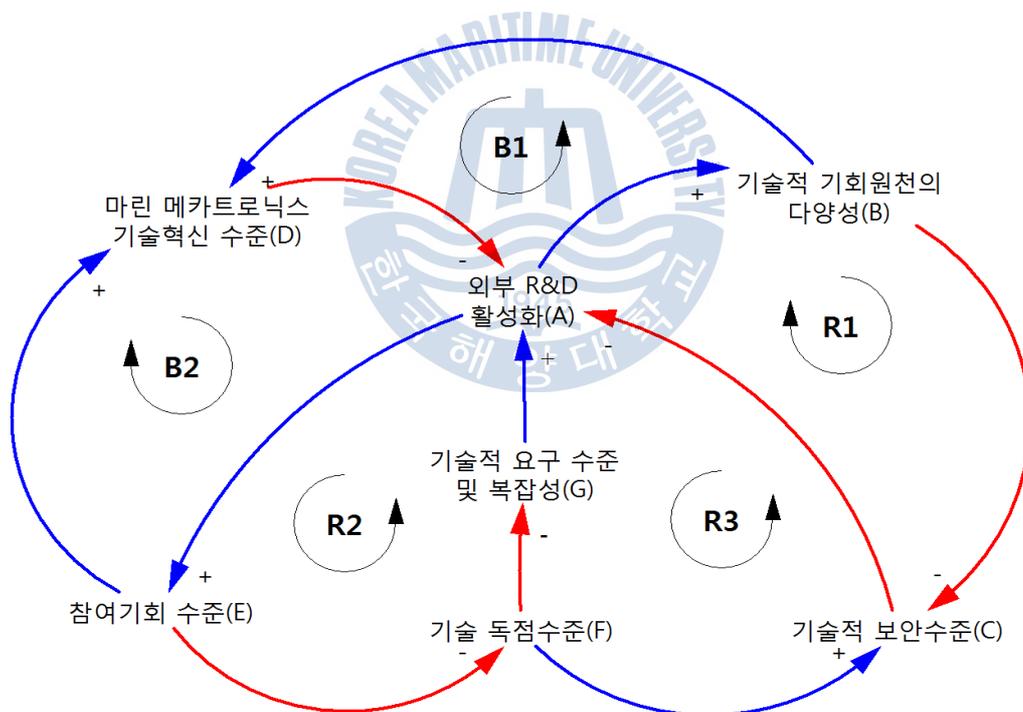
<그림 4-21> 마린 메카트로닉스 R&D 투자에 관한 인과모델

<표 4-6> 마린 메카트로닉스 R&D투자 인과모델의 순환과정

구 분		순환과정
마린 메카트로닉스산업 R&D 투자	R1	B → C → D → E → F → A → B
	R2	B → C → D → G → H → A → B
	R3	B → C → D → I → J → A → B
	R4	B → C → D → G → K → L → M → I → J → A → B
해양창조산업 R&D 투자	R5	L → P → G → K → L
	R6	L → M → N → O → D → G → K → L
	R7	L → M → N → O → P → G → K → L

3.2.3 마린 메카트로닉스산업의 기술개발체제

첨단 마린 메카트로닉스산업을 통해 생산되는 제품은 분야에 따라 차이가 있지만 대부분 강한 보안성이 요구되는데, 이는 메카트로닉스제품의 생산과정에는 많은 예산이 소요되나, 제품아이디어 및 설계도만으로도 손쉽게 모방할 수 있기 때문이다. 따라서 대체로 기술융합 주체의 참여가 제한될 수밖에 없으며, 결국 이러한 제한은 기술적 기회원천의 다양성을 제한하게 된다. 따라서 기술적 기회원천이 대부분 내부 R&D를 중심으로 기술융합의 기회를 창출하게 된다. 반면 폐쇄적인 구조를 통해 생산되는 마린 메카트로닉스제품의 특성상 해당 지식에 대한 독점성은 타 산업에 비해 높다고 할 수 있으며, 이러한 관계를 인과모델로 표현하면 <그림 4-22>와 같다.



<그림 4-22> 마린 메카트로닉스 기술개발체제 관한 인과모델

R1 피드백 루프는 외부 R&D 활성화(A)가 증가할수록 양(+)의 관계에 있는 기술적 기회원천의 다양성(B)이 증가하나, 음(-)의 관계에 있는 기술적 보안수준(C)을 낮추나, 낮아진 보안수준(C)으로 결국 음(-)의 관계에 있는 외부 R&D(A)는 더욱 활성화되는 피드백 루프이다.

R2 피드백 루프는 외부 R&D 활성화(A)가 증가할수록 양(+)의 관계에 있는 참여기회 수준(E)이 많아지고, 결국 기술 독점수준(F)은 낮아져 오히려 기술 요구 수준 및 복잡성(G)은 높아지게 되어, 외부 R&D 활성화(A)가 더욱 촉진하게 되는 피드백 루프이다.

R3 피드백 루프는 외부 R&D 활성화(A)가 증가할수록 양(+)의 관계에 있는 참여기회 수준(E)이 많아지고, 결국 기술 독점수준(F)은 낮아져 기술적 보안수준(C) 또한 낮아져, 외부 R&D(A)는 더욱 활성화 되는 피드백 루프이다.

B1 피드백 루프는 외부 R&D 활성화(A)가 증가할수록 양(+)의 관계에 있는 기술적 기회원천의 다양성(B)이 증가하고, 마린 메카트로닉스 기술혁신 수준(D) 또한 증가하게 되나, 이로 인해 음(-)의 관계에 있는 외부 R&D 활성화(A)는 오히려 줄어들게 되는 피드백 루프이다.

B2 피드백 루프는 외부 R&D 활성화(A)가 증가할수록 양(+)의 관계에 있는 참여기회 수준(E)이 많아지고, 마린 메카트로닉스 기술혁신 수준(D)이 높아지나 외부 R&D 활성화(A)는 오히려 줄어들게 되는 피드백 루프이다. 마린메카트로닉스 기술개발체계 인과모델의 자세한 순환과정은 <표 4-7>과 같이 나타낼 수 된다.

<표 4-7> 마린메카트로닉스 기술개발체계 인과모델의 순환과정

구 분	순환과정
R1	A → B → C → A
R2	A → E → F → G → A
R3	A → E → F → C → A
B1	A → B → D → A
B1	A → E → D → A

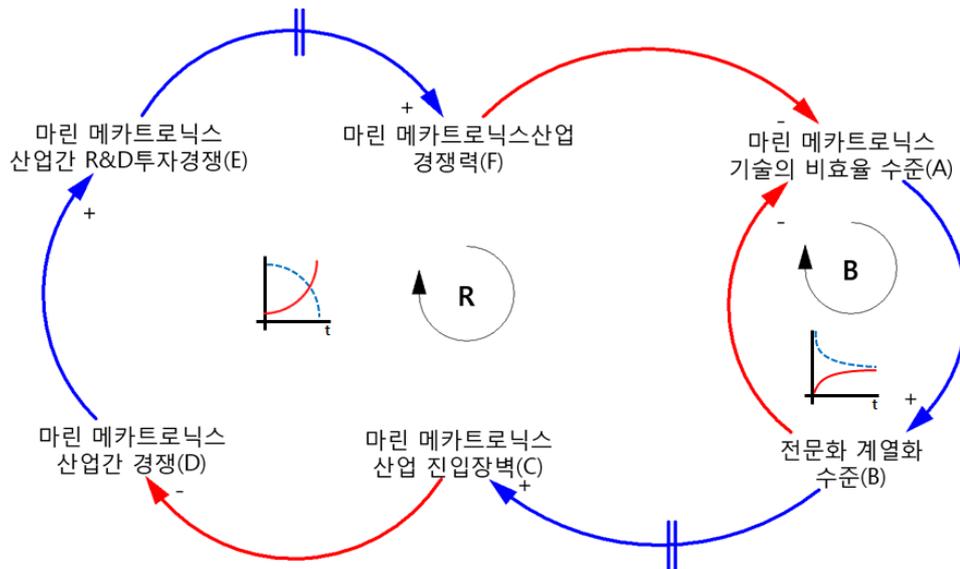
3.2.4 마린 메카트로닉스산업과 제도

마린 메카트로닉스 기술융합시스템에서 제도는 <그림 4-23>에서와 같이 기술융합을 촉진 또는 제한하는 역할을 한다. 특히, 마린 메카트로닉스 기술융합시스템에서 제도의 영향은 절대적인데, 많은 타 산업의 경우 제도는 산업이 성장할 경우 자원의 중복투자를 막고 효율적인 활용을 위해 B 피드백 루프와 같이 시장진입에 제한을 가져오는 전문화·계열화 제도를 시행하게 된다. 이러한 전문화·계열화 제도는 도입초기 그 목적을 달성하게 되지만, 마린 메카트로닉스 산업의 진입장벽을 높이는 결과를 가져오게 된다.

즉, R 피드백 루프는 마린 메카트로닉스산업간 경쟁심화로 마린 메카트로닉스기술의 비효율 수준(A)이 높아지면, 양(+)의 관계에 있는 전문화·계열화 수준(B)이 높아지게 되고, 마린 메카트로닉스산업 진입장벽(C)도 같이 높아지는 반면에, 마린 메카트로닉스산업간 경쟁(D)은 낮아지게 되어 마린 메카트로닉스산업간 R&D투자경쟁(F) 또한 낮아지게 되며, 이는 마린 메카트로닉스 산업 경쟁력(F)을 낮추어 결국 마린 메카트로닉스 자원활용의 비효율 수준(A)은 높아지는 피드백 루프이다.

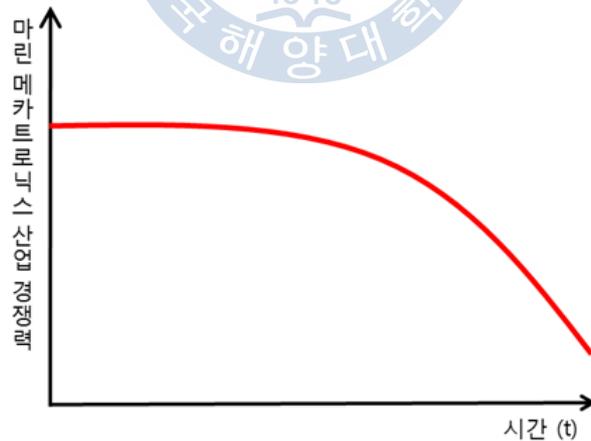
B 피드백 루프는 마린 메카트로닉스 기술의 비효율 수준(A)이 높을수록 양(+)의 관계에 있는 전문화·계열화 수준(B)이 높게 되고, 이는 다시 음(-)의 관계에 있는 비효율 수준(B)을 지속적으로 낮추게 되는 피드백 루프이다.

R 피드백 루프에서 특징은 전문화·계열화 수준(B)과 마린 메카트로닉스산업 진입장벽(C) 간, 마린 메카트로닉스산업간 R&D 투자경쟁(E)과 마린 메카트로닉스산업 경쟁력(F)사이에 시간지역이 존재하며, 이러한 시간지역은 결국 마린 메카트로닉스산업 경쟁력이 다시 마린 메카트로닉스기술의 비효율 수준(A)로 이어지는데 있어서도 작용하게 되는 특징이 있다.



<그림 4-23> 마린 메카트로닉스의 제도로 인한 인과모델

결국 <그림 4-24>에서 보는 바와 같이 산업 내 경쟁이 완화되고 이로 인해 지속적인 기술융합을 통한 경쟁력 확보요소가 사라져 결과적으로 경쟁력을 약화시키는 결과를 가져올 것이다.



<그림 4-24> 마린 메카트로닉스의 제도로 인한 동태성

3.3 마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델

마린 메카트로닉스산업의 수요, R&D 투자, 기술개발체계, 제도와의 관계에 대한 인과모델에 외부영향까지 통합하여 인과모델을 작성하면 <그림 4-25>와 같다.

마린 메카트로닉스산업의 성장에 영향을 미치는 마린 메카트로닉스산업 매출(A)과 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)는 각각 3개 및 4개의 피드백 루프를 형성하고 있었으며, 마린 메카트로닉스산업 매출(A)과 관련된 피드백 루프 모두 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)에 영향을 미치고 또한 받고 있었다.

전반적으로 살펴보면 마린 메카트로닉스산업 매출(A)은 마린 메카트로닉스산업 R&D 투자(B)를 활성화시키고, 이는 다시 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)을 끌어올려 마린 메카트로닉스 산업경쟁력(J)과 및 해양과학기술 개발 가능성(H) 증가를 통한 수요 다변화(I) 등에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

외부 R&D 등 기술체제와 제도는 마린 메카트로닉스 기술융합 수준(D)에 영향을 미치는 변수로서의 역할을 하고 있었으며, 또한 국산 마린 메카트로닉스 구매량(O)은 국내 마린 메카트로닉스제품 산업화율(m)과 산업경쟁국 마린 메카트로닉스 기술화(R)에 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

그리고 국내 마린 메카트로닉스 기술수준(V)은 국내 마린 메카트로닉스 기술체계 매력도(a)에 영향을 미쳐 첨단 마린 메카트로닉스 제품 수입대체 효과(b)로 예산절감효과(X)를 높이고, 해양창조산업 R&D 투자(u)를 증가시키고, 마린 메카트로닉스 업체 간 네트워크 수준(o)을 증가시켜 지속적으로 국가경제에 기여(Y)하는 것으로 나타났다.

마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델의 자세한 순환과정은 <표 4-8>과 같이 나타낼 수 된다.

<표 4-8> 마린 메카트로닉스산업의 시스템 다이내믹스 모델 순환과정

구 분	순환과정
R1	$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$
R2	$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow A$
R3	$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow A$
R4	$B \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow B$
R5	$O \rightarrow P$
R6	$O \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow T \rightarrow O$
R7	$P \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow P$
R8	$U \rightarrow V \rightarrow W$
R9	$U \rightarrow V \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow Z$
R10	$c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow c$
R11	$c \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow e \rightarrow c$
B1	$i \rightarrow j \rightarrow i$
B2	$i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow i$
B3	$K \rightarrow L \rightarrow K$
B4	$T \rightarrow O \rightarrow m \rightarrow T$

제 5 장 결 론

본 연구의 목적은 우리나라 산업의 한계라고 할 수 있는 육상 위주의 산업구조의 변화에서 벗어나고 성장한계에 봉착한 해양산업의 발전을 위하여 마린 메카트로닉스 기반의 해양창조경제의 발전방안 제시하고자 하였다.

이에 따라 육상 중심의 산업발전의 한계를 극복하기 위하여 '신해양경제(New Ocean Economy)'를 살펴보고, 전 세계의 저성장시대에 산업 경쟁력 강화를 통한 일자리 창출을 위한 새로운 경제 패러다임인 '창조경제(Creative Economy)'의 실제적인 추진동력으로 오래전부터 전 제조산업의 발전토대가 되고 있는 '마린 메카트로닉스(Marine-mechatronics)'를 제안하였다.

본 연구의 목적을 위하여 먼저 우리나라 해양경제의 여건과 메가트렌드의 변화에 따른 해양산업분야의 영향을 알아보고, 미래 메가트렌드로서의 신해양경제의 도래를 알아보았다. 뿐만 아니라 신해양경제의 발전을 위해 명확한 개념화가 되어 있지 않은 해양산업의 정의 및 국내외 범위·분류, 경제적 위상을 통해 신해양산업의 발전방안에 대해 살펴보았다.

아울러 최근 현 정부의 주요 핵심 산업정책인 창조경제를 살펴보기 위해 창조시대의 도래와 창조경제 개념, 등장배경, 해외 창조경제 간의 비교를 통한 시사점을 살펴보고, 우리나라의 해양창조산업의 발굴 및 발전을 위해 모호한 개념과 범위를 규정하고, 해결책을 살펴보았다.

해양경제와 창조경제를 구체화하고 활성화하기 위한 해결책으로 오래전부터 산업의 창조적 융합의 이론적 바탕을 제공한 메카트로닉스의 재등장과 개념을 살펴보고, 메카트로닉스산업의 발전현황, 범위, 특성, 국내외 현황을 통하여 메카트로닉스 산업의 중요성과 성장잠재력을 분석 후 도출된 연구결과는 다음과 같다.

먼저 모든 바다는 연결되어 있는 것처럼 기존 해양경제는 사회·문화, 경제, 정

치, 환경 등 다양한 분야의 메가트랜드의 변화에 따라 다양한 영향을 받으며, 향후 신해양산업으로 나아가기 위해 필수적으로 고려되어야 함을 알 수 있다.

둘째, 해양산업은 현재 명확한 개념과 범위설정을 위한 다양한 연구가 수행되었지만, 정의와 범위설정이 명확하지 않아 해양창조산업으로 육성하기 위한 구체적인 발전전략수립이 곤란한 상황을 파악하였고, 향후 관련 연구자 및 기관에서는 이에 대한 추가적인 연구와 의견수렴이 필요함을 살펴보았다.

셋째, 해양산업은 우리나라 국가기간산업이지만 이중 선박 및 해양플랜트제조업 위주의 편중된 해양산업구조로 인해, 최근의 금융위기 및 해운위기에 취약하여 이에 대한 해결책으로 마린 메카트로닉스 중심의 해양산업의 신해양산업화, 기존산업의 창조산업화가 필요함을 알 수 있다.

넷째, 수렵·농업·산업사회를 거쳐 도래한 현재의 정보사회가 창조사회로 넘어가는 시점인 창조시대에서는 그 동안 발전한 기존 산업과 기술이 물리적, 화학적인 융합이 이루어지는 창조경제 패러다임이 대두 되었고, 우리나라를 비롯한 세계 각국은 이를 발전시키기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 개념과 범위 등 관련 연구가 초기 단계이며, 각 국가의 산업현황에 따라 다양한 적용이 이루어지는 만큼 우리나라의 경제적·산업적·문화적 상황에 맞고 ICT와 과학기술 위주의 모호한 창조경제 발전방안 보다 더욱 구체적이고 실제적인 마린 메카트로닉스 중심의 해양창조경제 육성 가능성을 제안하고 적용가능 여부를 확인하였다.

다섯째, 오래 전부터 대두되어 활성화되어 있는 융합기술로서의 메카트로닉스의 경우 기존 산업에 다양한 영향을 미쳤음에도 불구하고 자신의 학문분야에 대한 정통성을 상실하면 살아남기 어려운 우리나라 학문과 전문가 집단의 풍토로 인해 각 요소별로 단편적으로만 발전해 실제 메카트로닉스 자체에 대한 연구는 부족하였고, 융합과학의 토대가 된 메카트로닉스에 대한 제대로 된 평가가 없었다.

이에 본 연구에서는 창조경제의 융합에 있어 실제적인 실마리를 제공할 수 있는 융합과학으로서의 메카트로닉스의 위상을 살펴보고 해양창조경제시대에 신성장산업으로서 '마린 메카트로닉스'의 산업모델 및 활성화모델을 제안하였다.

본 연구는 기존 해양산업과 메카트로닉스 관련 분야를 연구하는 전문가뿐만 아니라, 해양창조경제시대에 모호한 해결책이 난무하는 상황 속에서 관련 산업에 대한 실제적인 대안 및 방향을 제시해 주는데 큰 의의가 있다고 본다.

그러나 더욱 세분화된 연구를 위해서는 각 요소별로 구체적인 자료 및 다양한 사전연구가 필요하나, 메카트로닉스라는 공학 분야를 중심으로 사회과학인 창조경제와 해양이라는 자연과학이 융합된 연구주제로 인해 그 범위가 방대하며, 관련 연구가 현재 초기단계에 있다.

향후 해양창조산업에 대한 다양한 연구로 데이터가 축적된다면, 본 연구에서 제시한 마린 메카트로닉스 활성화를 위한 시스템 다이내믹스 인과모델을 사용하여 실제 활성화 가능여부를 확인하기 위한 추가연구 및 이를 바탕으로 실제적인 산업 육성방안을 마련할 수 있는 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

□ 국내문헌

- [1] OECD 정책 브리핑 (2013), “창조경제 관련 OECD 논의동향”.
- [2] 경제·인문사회연구회 (2013), “창조경제 새로운 발전패러다임”, 창조경제 종합연구 시리즈1.
- [3] 경제·인문사회연구회 (2013), “창조경제 새로운 아이디어 새로운 시장”, 창조경제 종합연구 시리즈2.
- [4] 경제산업성 (2010~2011), Cool Japan 관민유식자회의.
- [5] 곽동균 (2013), “창조경제의 개념 및 역할”, 동향과 전망 : 방송·통신·전파, 제60호.
- [6] 기획재정부 등 (2010), “제2차 해양수산발전기본계획(2011~2020)“.
- [7] 김도훈, 문태운, 배득중, 정익재, 홍민기 (1995), “초고속 정보통신 기반 전개구도에 대한 시뮬레이션 모델 구축”, 한국전자통신연구소.
- [8] 김도훈, 문태훈, 김동환 (1999), “시스템사고와 시스템다이내믹스“.
- [9] 김도훈, 문태훈, 김동환 (2001), “시스템 다이내믹스”, 대영문화사.
- [10] 김동환 (2000), “시스템 다이내믹스 하계 특강 1 -Vensim과 인과지도-“.
- [11] 김동환 (2004), “시스템 사고”, 선학사.
- [12] 김정두(2004), “메카트로닉스 산업기술동향”, 기술뉴스브리프, 한국과학기술정보연구원.
- [13] 김창경 (2013), “혁신에서 창조로”, 창조경제 새로운 발전패러다임, 경제·인문사회연구회 단행본.
- [14] 김한준 (2012), “인과지도를 활용한 국민임대주택시장의 구조분석”, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
- [15] 남형기 (2013), “해양환경정책 추진 현황 및 향후 과제”, 2013 제7회 세계해양포럼 발표자료집.

- [16] 대덕밸리 혁신 클러스터 분석 및 구축방안(2004).
- [17] 대외경제정책연구원 (2013), “주요국의 창조경제 추진사례와 시사점”, KIEP오늘의 세계경제.
- [18] 로버트 라이시 (2011), “위기는 왜 반복되는가”, 김영사.
- [19] 류귀진(2010), “산업간 융합 서비스 모델 개발 프레임워크 연구”, 중앙대학교 대학원 박사학위논문.
- [20] 문태훈 (2002), “시스템다이내믹스의 발전과 방법론적 위상”, 한국시스템다이내믹스연구 제3권1호.
- [21] 문태훈 (2007), “지속가능한 발전을 위한 환경용량의 산정과 토지이용형태 연구- 수도권 지역을 중심으로-”. 한국시스템다이내믹스연구 제8권 제2호.
- [22] 박현준, 오세홍, 김상준 (2004), “국가 연구개발 투자시스템의 레버리지 전략: 시스템 다이내믹스 접근”, 한국 시스템다이내믹스 연구 제5권 제2호.
- [23] 부산광역시, 한국해양수산개발원 (2011), “부산광역시 해양산업 육성 종합계획”.
- [24] 산업연구소 메카트로닉스산업 분과위원회 (1994), “2000년대 첨단기술산업의 비전과 발전과제<메카트로닉스산업”.
- [25] 서동혁, 문혜선, 이문혜 (2013), “창의적 융합을 통한 제조업의 성장동력 육성전략”, 창조경제 종합연구 시리즈 2, 경제·인문사회연구원.
- [26] 서주원, 황찬규(2010),“건설분야의 IT 융합기술 개발모델”, 한국산학기술학회논문지 제11권 제4호.
- [27] 서혁, 명건식 (2007), “한국 방위산업의 시스템과 정책 레버리지”, 한국 시스템다이내믹스 연구, 8(2).
- [28] 신용존 (2012), “부산해양산업 경제적비중 및 해양클러스트 경제적 효과 평가”, 시정연구위원회 2012년도 활동보고서(도시개발분야), 부산광역시.
- [29] 우천식 (2013), “우리나라 창조경제 구상과 과제”, 부산발전연구원 개원 21주년·부산직할시 50주년 기념 세미나 자료집.
- [30] 유병구 (2013), “창조경제 역량 평가와 활성화 방안”, 창조경제 새로운 발

전패러다임 단행본.

- [31] 유병구 (2013), “창조경제의 의미와 새정부의 실현 전략-3대 활성화 분야와 5대 추진 방안 제언”, 경제주평, 현대경제연구원.
- [32] 윤상현 (2007), “대구경북 첨단메카트로닉스산업벨트 구축방안 - 지능형 로봇산업 중심으로”, 연구보고서 2007, 대구경북연구원.
- [33] 윤진숙 (2013), “해양 영토 전쟁서 이기는 길”, 한국경제 신문기사.
- [34] 이공래·성태경 (2009), “융합기술 혁신을 위한 산학협력 활성화 방안”, 정책연구 2009-15, 과학기술정책연구원.
- [35] 이광호, 김승현, 최종화 (2013), “융합 신산업 발굴 및 육성을 위한 혁신정책 방향”, 창조경제 종합연구 시리즈 2, 경제·인문사회연구원.
- [36] 이상철 등 (2000), “인천지역 메카트로닉스산업 육성방안 및 2001년도 실행정책방안도출”, 인천발전연구원 연구, 과학기술부.
- [37] 이연오 (2012), “신해양경제시대 부산의 미래전략”, 부산발전연구원 개원 20주년 기념 세미나 자료집, 부산발전연구원.
- [38] 이용학 (1992), “메카트로닉스 산업의 마케팅전략에 관한 연구”, 수원대학교 대학원 석사학위논문.
- [39] 이정우, 채경덕 (2008), “메카트로닉스 교육의 분석과 개선방향”, 공학교육연구, 제11권 3호.
- [40] 이흥기 (1992), “메카트로닉스 산업의 마케팅전략에 관한 연구”, 수원대학교 대학원 석사학위논문.
- [41] 정만태 (1999), “메카트로닉스산업의 전망과 발전 전략”, KIET 산업경제.
- [42] 정만태 외 (1999), “메카트로닉스산업의 발전전략”, KIET 정책자료 제100호.
- [43] 제18대 대통령직인수위원회 (2013), “박근혜 정부 국정과제”.
- [44] 제18대 대통령직인수위원회 (2013), “박근혜 정부 국정비전 및 국정목표”.
- [45] 조윤숙 (2012), “건설교통 R&D투자의 에너지절감 및 CO2 배출 감소 효과분석”, 시스템다이내믹스학회 2012 하계 정기학술발표대회 발표자료.

- [46] 최정환 (2013), “방위산업 혁신시스템 특성규명에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- [47] 추병주 (2006), “시스템 다이내믹스 방법론을 이용한 주민참여 현상의 동태적 모델 탐색”, 한국정책학회 춘계학술발표논문집.
- [48] 하태정 (2013), “창조경제 구현을 위한 과학기술시스템 발전방향”, 경제·인문사회연구회 단행본.
- [49] 한국과학기술기획평가원 (2013), “창조경제 개념과 주요국 정책 분석”, Issue Paper 2013-01.
- [50] 한국해양수산개발원 (2009), “제2차 해양수산발전기본계획 수립 연구.
- [51] 한국해양수산개발원 (2009), “해양기반 신국부 창출 전략(I)”, 정책연구 2009-16(기본).
- [52] 한국해양수산개발원 (2012), “해양부문 신산업 발전을 위한 기반구축 방안 연구”.
- [53] 해양수산발전 기본법(법률 제11596호, 2012.12.18, 일부개정) 제3조(정의) 3항.
- [54] 허윤수 (2012), “해양산업 육성으로 신해양경제 기회 선점”, BDI 포커스, 부산발전연구원.
- [55] 허윤수 외 (2013), “부산시 해양산업 기초통계 분석과 정책과제”, 부산발전연구원.
- [56] 허재준 (2013), “창조경제와 서비스 산업의 일자리 창출력 제고”, 창조경제 새로운 발전패러다임, 경제·인문사회연구회.
- [57] 황기형 (2012), “해양부문 신산업 발전을 위한 기반구축 방안 연구”, 한국해양수산개발원.
- [58] 황기형·김민수·박문진·안요한 (2011), “해양총생산(GOP) 추계 및 증대방안 연구”, 한국해양수산개발원.
- [59] 황수경, 장우현, 김용미, 박지혜 (2013), “창조경제 구현을 위한 서비스산업 발전전략과 정책과제”, 창조경제 종합연구 시리즈 2, 경제·인문사회연구원.

□ 외국문헌

- [60] A. L. Cortez (1988), "Methodological Issues Involved in the Definition of the Marine Sector", *GeoJournal*, Vol. 16, No. 3.
- [61] Afuah, A. (2004), "Business Models: A Strategic Management Approach", McGraw-Hill, New York.
- [62] Bass, Hans-Heinrich and Ernst-Siebert, Robert (2007), "SME in Germany's maritime industry : innovation, internationalisation and employment", *INT. J. Globalisation and Small Business*, 2(1).
- [63] Brown N. J. & Brown O. T. (2002), "Mechatronics - a graduate perspective", *Mechatronics*, 12.
- [64] Chris Anderson(2012), "Makers: The New Industrial Revolution", Random House Business Books.
- [65] COWI and Ernst&Young (2013), "Study to support Impact Assessment of Marine Knowledge 2020".
- [66] Craig K. & Stolfi F. (2002), "Teaching control system design through mechatronics : academic and industrial perspectives", *Mechatronics*, 12.
- [67] Creative Britain (1997), "New Talents for a New Economy-The UK Strategy for the Creative Industries", Department for Culture, Media, and Sports.
- [68] Darling, Thomas A. and George P. Richardson. (1990), "A Behavioral Simulation Model of Single and Iterative Negotiations", *Proceedings of the 1990 International System Dynamics Conference*.
- [69] DCMS (2011), "Creative Industries Mapping Document", DCMS, London.
- [70] Florida, R. (2002), "The Rise of Creative Class...And How it's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life", Basic Books.
- [71] Forrester, J. W. (1961), "Industrial Dynamics. Cambridge", The MIT Press.

- [72] Forrester, J. W. (1969), "Urban Dynamics", Cambridge, The MIT Press.
- [73] Forrester, J. W. (1971), "World Dynamics. Cambridge", Wright-Allen Press.
- [74] Forrester, J. W. (1980), "System Dynamics - Future Opportunities", TIMS Studies in the Management Science 14. North-Holland Publishing Company.
- [75] Forrester, J. W. (1987), "Lessons from System Dynamics Modeling", *System Dynamics Review*, Vol.3. No.2. Summer.
- [76] Goodman Michael R., 1974, "Study Notes in System Dynamics", Portland, Ore.: Productivity Press.
- [77] Grimheden M. & Hanson M. (2005), "Mechatronics the evolution of an academic discipline in engineering education", *Mechatronics*, 15.
- [78] Hall, R. I. (1994), "Causal policy maps of managers: formal methods for elicitation and analysis", *System Dynamics Review*, 10(4).
- [79] Hamilton, H. R. et al. (1969) "System Simulation for Regional Analysis", Cambridge, The MIT Press.
- [80] Home Affairs Bureau (2005), "The Hong Kong Special Administrative Region Government", A Study on Creativity Index.
- [81] Howkins, John (2007), "The Creative Economy : How People Make Money From Idea in the UK", NESTA.
- [82] Howkins, John (2010), "Creative Ecologies : Where Thinking is a Proper Job".
- [83] Japan Trade Registration, No. 9446594.
- [84] Kelly, k. (1997), "New Rules for the New Economy : 10n Radical Strategies for a Connected World".
- [85] Kodama, F (1991), "Analyzing japanese High Technologies : The Techno Paradigm Shift", London : Pinter, Publishers.

- [86] Kyura N. & Oho H. (1996), "Mechatronics-an industrial perspective", *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, 1(1).
- [87] Kyura N. (1996), "The development of a controller for Mechatronics Equipment", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 43(1).
- [88] Lee J-W et. al., (2005), "Curriculum development for major of mechatronics for the accreditation of engineering education", *Journal of Engineering Education*, 8(2).
- [89] Lee, Kong-Rae (2007), "Patterns and Processes of Contemporary Technology Fusion : The Case of Intelligent Robots", *Asian Journal of Technology Innovation*, 15(2).
- [90] M. W. Pontecorvo and R. Anderson (1980), "Contribution of the Ocean Sector to the United States Economy," *Science*, 208.
- [91] Marine Industries Global Market Analysis (2005)
- [92] Martine Grimheden & Mat Hanson (2005), "Mechatronics-the evolution of an academic discipline in engineering education", *Mechatronics*, 15.
- [93] Maruyama, M. (1963), "The second cybernetics : Deviation-amplifying mutual causal processes", *American Scientist*, 51.
- [94] OECD (1996), "The Knowledge-based Economy".
- [95] OECD (2001), "The Well-being of Nations: The Role of Human and Social Capital".
- [96] Park Seok-Ji (2004), "A Prospective on the Evolution of Mobile Communications in Korea", *the PICMET-STEPI International Conference on Innovation Management in the Technology-Driven World*, Seoul.
- [97] Peter, S. (1990), "The fifth dicipline : The art and Practice of learning organization", New York : Doubleday Currency.
- [98] Poter, M. E. (1998), "Clusters and the New Economics of Competition",

- Harvard Business Review.
- [99] Richardson, George P. & A.L. Pugh. (1981), "Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO", Cambridge, MA: The MIT Press.
- [100] Richardson, George P. & A.L. Pugh. (1999), "Reflections for the future of system dynamics", *Journal of the Operational Research Society*. Vol.50
- [101] Richmond, Barry (1993), "Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond", *System Dynamics Review*, 9(2).
- [102] Robert H. Bishop etc (2003), "The Mechatronics Handbook", CRC Press.
- [103] Sternberg, R. J. & T. I. Lubart (1999), "The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms", In R. J. Sternberg(ed.), *Handbook of Creativity*, London Cambridge University Press.
- [104] Stiglitz, Joseph (2012), "The Book of Jobs", Vanity Fair.
- [105] Susan C. & Ned R. (2010), "The Creative Economy as "Big Business" : Evaluating State Strategies to Lure Filmmakers", *Journal of Planning Education and Research*, 29(3).
- [106] Tan K. et. al., (1998), "Various developments in mechatronics in Asia", *Mechatronics*, 8.
- [107] UNCTAD (2008), "Creative Economy Report 2008 : The Challenge of Assessing the Creative Economy : towards Informed Policy-making".
- [108] UNCTAD (2010), "Creative Economy Report 2010 : A Feasible Development Option".
- [109] Weick K. E. (1979), "The Social Psychology of Organizing", Addison-Wesley Publishing Company.
- [110] Yalçm DURMUSOÓU etc (2012), "Importance of Mechatronics in Maritime Education", *2012 maritime society preceeding*.

- [111] 野村総合研究所 総合研究本部 (1990), “創造の戦略: 創造化時代のマネジメント・ノウハウ”, 野村総合研究所総合研究本部編.
- [112] 窪川耕治 (1990), "Mechatronics world".

□ 인터넷자료

- [113] Creative Industries Finland(www.creativeindustries.fi)
- [114] OECD(www.oecd.org)
- [115] YBM사전(www.ybmallinall.com)
- [116] 네이버 백과사전(100.naver.com)
- [117] 네이버사전(dic.naver.com)
- [118] 농축산물식품수출지원정보(www.kati.net)
- [119] 두산동아 백과사전(www.doopedia.co.kr)
- [120] 메카트로닉스학회(IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, www.ieee-asme-mechatronics.org)
- [121] 미국 컨퍼런스보드(www.conference-board.org)
- [122] 위키백과(ko.wikipedia.org)
- [123] 창조경제타운(www.creativekorea.or.kr)
- [124] 콜로라도주립대학(www.engr.colostate.edu/~dga/mechatronics/)