

영해기점 결정을 위한 GPS측량

최윤수* · 박병욱** · 황병호*** · 조문형****

Choi, Yun Soo · Park, Byung-Uk · Hwang, Byung Ho · Cho, Moon Hyoung

1. 서론

영해기선은 접속수역, 배타적 경제수역 등 모든 수역의 범위를 정함에 있어 일정한 기준선으로부터 출발하여 일정한 범위까지의 한계선을 결정하는 기선으로 그 수역내에서 국가의 주권 및 관할권을 행사하게 된다. 유엔해양법협약 제7조에 의하면 영해기선의 결정은 크게 직선기선(straight baseline)과 통상기선(normal baseline)으로 구분된다.^{1),2),3),4)} 직선기선은 해안의 굴곡이 심하거나 해안에 가까운 곳에 섬이 흩어져 있어 통상기선을 설정하기가 곤란한 경우 해안의 일정한 지점을 연결한 직선을 말하며, 통상기선은 썰물 때 나타나는 자연적인 해안선을 말한다. 우리나라의 경우 동해안에서는 통상기선을, 서해안 지역에서는 직선기선을 채택하고 있다.

본 연구에서는 영해기선을 결정하는데 기준이 되는 영해기점을 GPS 관측방법을 이용하여 기존의 측량방식인 삼변측량이나 항공사진측량으로 결정된 기점들을 재산출하여 영해기점을 결정하고, 이를 이용하여 유엔해양법협약 발효에 따른 인접국과의 해역 경계선 협상시 국제적 기준에 부합하는 WGS84 좌표체계를 제시하고자 한다. 또한, 이 성과는 영해에 대한 과학적 근거자료로서 국가 해양개발 정책과 연안해역의 개발, 이용 및 보존을 위한 중요한 기초 자료로 활용될 것이다.

2. 유엔해양법협약과 해양경계

2.1. 유엔해양법협약

해양에 관한 마그나 카르타(Magna Carta)로 일컬어지는 1982년 유엔해양법협약(United Nations Convention on the Law of the Sea, 이하 "유엔해양법협약")은 국가관할 수역에 관한 전통국제법을 변화하는 해양 현실에 발맞추어 대폭 수정한 것으로서, 1973년부터 1982년까지 개최된 제3차 유엔해양법회의에서 오랜 협상과정을 거쳐 1982년 12월 10일 채택, 1994년 11월 16일 발효되었다.

유엔해양법협약은 이른바 '해양헌장'으로서 해양에 관한 국가관할권, 해양환경보호, 해양과학조사, 해양분쟁해결 등 연안국 및 해양이용국의 해양관련 권리·의무를 망라하는 한편, 협약 당사국의 이해관계를 조정하고 해결하기 위한 제반 기구 설립을 규정하고 있다. 주요내용은 12해리 영해의 폭에 대한 결정, 200해리의 배타적 경제수역(EEZ : Exclusive Economic Zone) 제도와 대륙붕의 설정, 국제해협 통과통항제도 확립, 심해저(深海底)제도에 관한 설정 등이다.

2.2. 해양경계의 정의

영해란 영해기선으로부터 12해리를 초과하지 않는 범위까지의 수역으로서, 연안국이 영토주권에 준하는

*정회원 · 서울시립대학교 지적정보학과 교수 · 공학박사 · 02-2210-2430(E-mail:choiys@uos.ac.kr)
**정회원 · 한경대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 031-670-5099(E-mail:ukpark@hnu.hankyong.ac.kr)
***정회원 · 대한측량협회 · 공학석사 · 02- 679-4231(E-mail:bhwang@kasm.or.kr)
****정회원 · 서울시립대학교 지적정보학과 · 석사과정 · 02-2210-2676(E-mail:cho3065@empal.com)

권리를 행사하고, 외국 선박에 대하여는 무해통항권을 인정해 주는 수역이다. 영해에서는 연안국이 영토주권에 준하는 배타적 관할권을 행사하지만, 외국 선박이 임의로 항해할 수 있는 무해통항권이 인정된다는 점에서 영토나 내수와 다르다. 이것은 국제 해상교통을 통한 인류공공의 복리 증진이라는 측면에서 중요하기 때문에 연안국의 권리가 국제법에 따라 제한되는 것을 의미한다.

무해통항이란 외국 선박이 연안국의 평화와 질서 및 안전을 해치지 않고 무해하게 영해를 통항하는 것을 말한다. 만일 외국 선박이 무해통항의 원칙을 위반한 경우에는 연안국의 법률에 의하여 처벌을 받는데, 다음과 같은 행위를 한 경우에는 무해통항을 위반한 것으로 본다. 즉, 연안국의 주권이나 영토 보전 및 독립을 위협하는 행위, 무기를 사용하는 군사훈련 행위, 항공기가 선박으로부터 뜨고 내림, 군사 무기의 발진/탑재, 잠수 항행, 연안국의 안전 보장에 해로운 정보 수집 행위, 관세법 위반, 출입국 관리법 위반, 보건 위생법 위반, 위법한 화물 운송 행위, 해양 오염 물질 배출 행위, 어로 행위, 조사 측량 행위, 통신 방해 행위, 통항과 관계없는 기타의 행위 등이다.

접속수역은 영해 기선으로부터 측정하여 24해리를 넘지 않는 범위에서 연안국의 영토 및 영해상의 관세, 재정, 출입국 관리, 보건 위생 법령 위반을 예방하거나 처벌하기 위하여 필요한 국가 권력을 행사하는 수역이다. 즉, 접속수역은 영해의 바깥쪽 경계로부터 12해리까지의 수역으로서 연안국의 관할권 행사 범위는 영해보다 훨씬 제한적이다.

세계의 많은 국가들이 이러한 목적으로 접속수역을 설정하여 관리하고 있으며, 우리나라와 중국, 일본 등 주변 국가들도 12해리 영해와 더불어 24해리 접속수역 제도를 시행하고 있다.

1996년 제정·공포된 배타적 경제수역법은 배타적 경제수역의 범위를 기선으로부터 200해리의 선까지로 명시하였으며 인접국간에 배타적 경제수역의 경계는 국제법을 기초로 관계국과 합의하여 확정하게 되어있다.

표 1. 한반도 주변국의 영해법 등 선포내역

국 가	영 해	EEZ 및 대륙붕
한 국	1977년 선포 직선기선 제도	선포 : EEZ - 1996년, 대륙붕 - 1970년 합의 원칙, 자연연장 및 중간선 원칙
일 본	1977년 선포 직선기선제도(97)	1996년 선포 중산선 원칙, 한·중적용 유보(어업권)
중 국	1992년 선포 직선기선제도(96)	1998년 선포 공평의 원칙(자연연장)에 따른 합의 원칙
북 한	지거선기선제도 (동한만:내수화)	1977년 선포 중산선 원칙(황해), 자연연장 원칙(동해)
러시아	1960년 선포 직선기선제도(82)	1983년 선포 합의 원칙, 중산선 원칙

2.3. 해양경계 설정 방법

유엔해양법협약과 영해 및 접속수역법, 배타적경제수역법 등에서는 영해, 배타적 경제수역, 대륙붕, 인접국간 경계획정 등 해양경계 설정방법에 관하여 다음과 같이 정하고 있다.

가. 영해

- 1) 기선으로부터 12해리 이내
- 2) 통상기선 : 유엔해양법협약 제5조
 - 공인된 대축척 해도에 표시되어 있는 해안의 저조선을 기준
- 3) 직선기선 : 유엔해양법협약 제7조
 - 적용해역

- 해안선의 굴곡이 심한 해역
- 해안에 가까이 인접하여 일련의 도서가 있는 해역
- 획선 기준
 - 해안의 일반적 방향에서 현저히 이탈하지 말 것
 - 내수와 육지와와의 밀접한 관련성
 - 관계지역에 특수한 경제적 이익의 존재 및 중요성에 대한 관행

나. 배타적 경제수역

- 기선으로부터 200해리 이내

다. 대륙붕

- 1) 기선으로부터 200~350해리 이내 설정의 경우
 - 대륙사면으로부터 60해리인 지점을 연결한 선
 - 퇴적층의 두께가 퇴적된 거리의 최저 1%인 지점을 연결한 선
- 2) 350해리 이원까지 연장 가능한 경우
 - 수심 2,500m 등심선으로부터 100해리 이내

라. 인접국간 경계획정

- 1) 합의의 원칙 : 유엔해양법협약 제74조(EEZ), 제82조(대륙붕)
 - 유엔해양법협약에서는 관계국간의 합의에 의한 경계획정을 권고.
- 2) 형평의 원칙
 - 지리적 여건(해안선의 일반적 방향 및 길이, 영토의 자연적 연장 등), 자원 보존과 경영, 기타 관련사항을 고려하여 형평에 맞는 경계획정
 - 북해 대륙붕 경계획정 사건에서 최초로 형평의 원칙 적용
- 3) 등거리선 원칙
 - 양국의 기점으로부터 등거리점들을 연결한 중간선으로 경계획정
 - 1958년 대륙붕에 관한 Genbeva협정 제6조에 규정

3 관측 방법

본 연구에서는 서해5도 지역의 측량 자료를 이용하였으며 좌표의 신뢰도를 높이기 위하여 전국 12개소의 상시관측점의 데이터를 이용하여 영해기점의 좌표를 결정하였다.^{4),5)} 영해기점 측량은 최외곽 지점을 결정하는 것이므로 대부분 조그만 간출암이나 절벽인 경우가 많고 지역의 특수성 때문에 기존의 측량 관측 방법인 삼변측량 방식으로는 관측이 곤란하다. GPS관측 방법은 짧은 관측시간으로 높은 정확도를 확보할 수 있으며, 작업환경에 제약이 적으므로 가장 최적인 관측 방법이라고 할 수 있다.

직선기점 측량은 저조선의 최외곽 지점을 측량하여야 하나 대부분의 직선기점들이 GPS 관측에 필요한 시계가 확보되지 않고, 또한 깎아지른 듯한 암벽이나 바다와 바로 맞닿아 있는 작은 섬들이 대부분이므로 관측자들의 안전이 확보되지 못하는 등의 어려움이 있다. 따라서 GPS 관측시간의 단축을 위하여 기준점 외에 직선기점 부근에 수신이 양호한 지역을 선점하여 보조기준점을 매설하였다.

기준점이나 보조기준점의 경우 직선기점을 관측하기 위해 추가로 매설한 점으로서, 기준점에는 표석을 매설하고, 보조기준점에는 동판을 매설한 후 육지의 삼각점과 연결한 관측망을 구성하였다. 삼각점과 기준점에 대한 GPS측량은 국립지리원의 “GPS에 의한 정밀2차 기준점 측량 작업규정”에 의거한 관측을 실시하였다. GPS 정밀2차 기준점 측량은 정밀1차 기준점(1등 및 2등 삼각점)을 기초로 복수의 GPS 측량기를 이용하여 대상점간의 3차원 상대위치를 구하고 기준점(미지점)의 측지학적 좌표·표고를 결정하는 작업이다.

직선기점 설정을 위하여 그림 1과 같이 전국 12개소에 설치된 상시관측소의 데이터를 취득하여 전국망을

완성한 후, 서해5도 지역 6개 섬에 각각 기준점과 보조기준점을 1점씩 설치하고 육지에 설치된 국립지리원 고시 2등 삼각점과 연결하여 좌표를 산출하였다.^{6),7),8),9)} 기준점 및 보조기준점 측량은 육지 삼각점과 영해기점이 있는 섬과의 거리가 100km이상인 장기선에 해당되므로 관측성과의 정확도 향상을 위해서 12시간 이상 동시 관측하였고, 관측시 고도각은 15° 이상, GPS 신호는 30초의 취득간격을 두었다.

한편, 최외곽 지점인 직선기점의 위치는 측량성과 분석 산출시까지 명확히 결정할 수 없으므로, 최외곽으로 예상되는 여러 개의 보조직선기점을 설정하여 관측한 후, 이 중 최외곽 지점을 직선기점으로 결정하였다. 보조직선기점에 대한 GPS측량은 기준점 및 보조기준점을 고정으로 하여 이동측량(STOP and GO) 방법으로 10~20분 동안 신속하게 관측하여 성과를 산출하였다. 기선해석 결과 최종적으로 결정된 직선기점에 대해서는 동판매설 하였으며, 최종 산출된 성과를 이용하여 좌표를 해도상에 기입하여 구좌표와 신좌표와의 차이를 분석하였다.

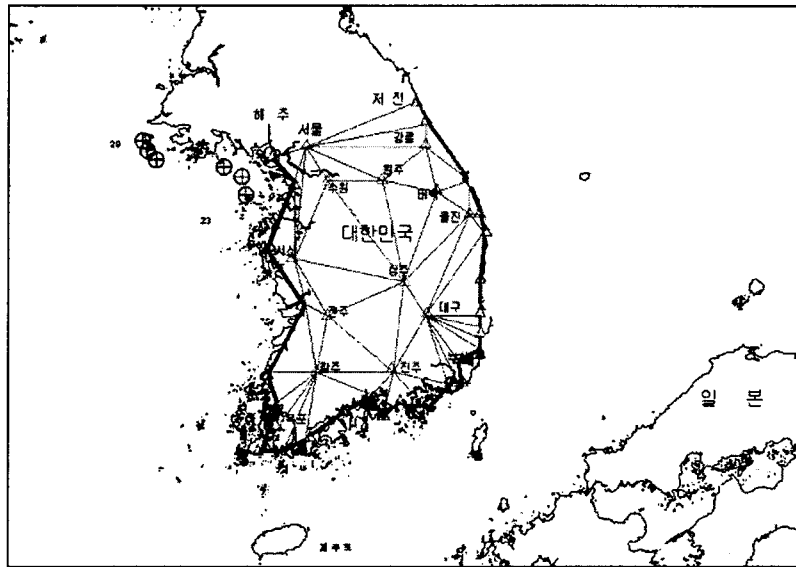


그림 1. 상시관측점 및 영해기점 망도

4. 기선해석 및 성과산출

수신된 자료의 처리는 Trimble GPSurvey V2.35a 상용프로그램을 활용하여 처리하였으며, 전리층의 영향과 대류층의 영향을 제거 및 보정하기 위하여 Iono-free 방식과 Modified Hopfield Model을 사용하였고, 위성의 궤도력은 IGS(International GPS Service for Geodynamics)의 정밀궤도력을 사용하여 모든 기선처리 방식으로 측점간의 기선거리와 고도 및 방위각을 결정하였다.

기선해석은 수원 상시관측점을 기준으로 상시관측점간의 삼각망을 구성하고 삼각망간 기선중복을 통하여 정확도 향상 및 폐합차 점검을 실시하여 정밀2차 기준점 규정에 적합하도록 실시하였으며, 서해5도의 기준점 및 보조기준점 기선해석 또한 동일한 방법으로 실시하여 기준점간의 정확성을 확보하여 최종적으로 영해기점을 기선해석 하였다.

성과 산출시 2가지 분석방법을 취하였다. 하나는 수원 상시관측점 1점을 고정하여 삼각점 및 기준점, 보조기준점, 직선기점의 WGS84 성과를 결정하고 벡셀 경위도 성과 산출시 3점의 삼각점 성과를 고정하여 기준점 및 보조기준점, 직선기점의 성과를 결정하는 방법이고, 또 다른 하나는 12점의 상시관측점을 모두 고정하여 삼각점 및 기준점, 직선기점의 WGS84 성과를 결정하고, 벡셀 경위도 성과 산출시에도 12점의 상시관측점의 벡셀 경위도 성과를 고정하여 기준점 및 직선기점의 성과를 산출하는 방법이다.

5. 성과 분석 및 직선기점의 변이량 분석

WGS84 성과와 벡셀 경위도 성과를 수원 상시관측점 1점 고정시와 12점의 상시관측점을 고정했을 때의 좌표 성과를 비교 분석하였다. WGS84의 경우 1점 고정성과와 12점 고정성고가 0.01" 이내에서 일치함을 알 수 있었다. 이는 WGS84 성과 산출시 수원 1점만을 이용하여 결과를 산출할 수 있다는 결과이다.

벡셀 경위도 성과 산출시 비교 방법은 국립지리원 고시 삼각점 성과를 고정하여 성과를 산출하는 방법과 삼각점 성과를 고정하지 않고 12점의 상시관측점의 벡셀 경위도 성과를 고정하여 성과를 산출하는 방법을 취하였다. 성과 산출결과 WGS84 성과보다는 오차가 큰 0.01" ~ 0.03" 범위 이내에서 일치하였다. 이는 벡셀 경위도 성과 산출시 구하고자 하는 관측점의 데이터만 가지고 관측점 주변의 상시점 데이터를 이용하여 성과를 산출하기 보다는 그 지역의 삼각점 성과와 비교 분석하여 삼각점성과를 동시에 사용하는 것이 바람직하다는 결과를 보여 주었다.

그림 2에서 그림 7은 서해안 직선기점 측량결과로서, 이전에 사용하던 직선기점과 이번에 관측한 결과의 변이량을 나타낸 그림이다. GPS 측량방식 개발 이전의 측량 방식으로는 육지에서 100km 이상 떨어진 섬들을 측량하기가 사실상 불가능했으므로 해도상에서 최외곽지점을 선점해 선을 연결하는 방법으로 직선기점을 결정했다. 이번 연구에 사용된 GPS 관측방법은 육지의 1, 2등 삼각점들과 섬에 설치한 기준점들을 12시간 이상의 관측시간을 두고 기준망을 연결한 후, 이동측량 방법으로 직선기점을 관측한 결과이다. GPS 측량기가 약 5mm ± 1ppm의 정확도를 갖고 있으므로 관측중 발생할수 있는 오차량을 감안하더라도 큰 위치의 변동은 없을 것이라 사료된다.

이번 연구결과 대부분의 기존 직선기점이 해상으로 떨어지거나, 섬의 최외곽이 아닌 곳에 직선기점이 설정되어 있음을 알 수 있었다. 해도상에서 보면 섬의 최외곽이지만 실제 섬의 위치와 직선기점의 위치 모두 차이가 발생했다. 가장 많은 차이를 보인 곳은 소연평도로 X축으로 -2666.53m, Y축으로 964.83m의 변이량을 나타냈다. 이것은 소연평도 주위에 많은 섬들이 있고, 또한 해도상에도 나타나있지 않은 섬들이 많기 때문으로 보인다. 백령도의 경우 X축으로 35.04m, Y축으로 107.71m, 대청도는 X축 19.72m, Y축 21.06m의 차이가 있었고, 소청도는 X축 -46.53m Y축 9.51m의 차이가 있었다.

종합적으로 볼 때, 백령도와 신도를 제외한 다른 점들은 최외곽 지점이 기존의 영해기점보다 더 서쪽으로 치우친 것을 알 수 있다. 그러나 백령도와 신도의 경우는 기존의 기점보다 더 섬 안쪽으로 좌표가 결정되어 결과적으로 우리의 영해가 축소된 것을 볼 수 있다. 이것은, 이전의 측량 방식으로는 본 섬이 시통되지 않는 상황에서 조그만 간출암을 제대로 관측하기란 거의 불가능했을 것이며, 시통이 되더라도 사람이 겨우 올라갈 만한 공간밖에 없는 곳에서 일반 측량장비로 정확하게 측량할 수가 없었고, 해도 또한 정확하지 않아 이전의 영해기점보다 후퇴한 점들이 나타난 것으로 보인다. 이 부분에 대해서는 향후 섬 주요부분에 걸쳐 GPS 관측을 실시하여 섬들의 변이량을 재 산출해야 할 것이다.

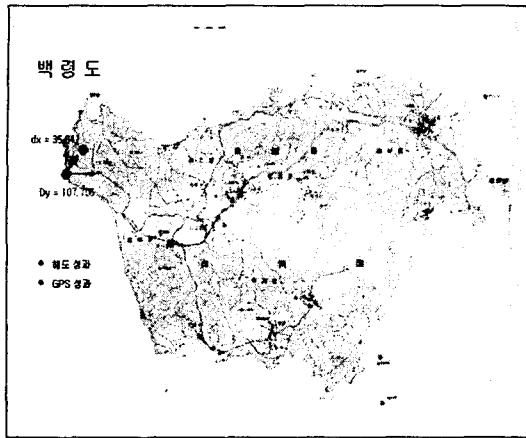


그림 2. 백령도 직선기점 변이량도

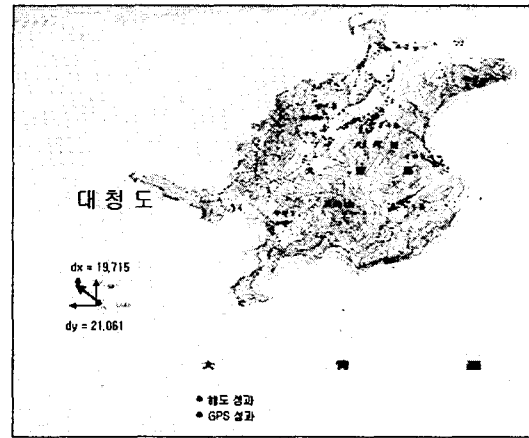


그림 3. 대청도 직선기점 변이량도

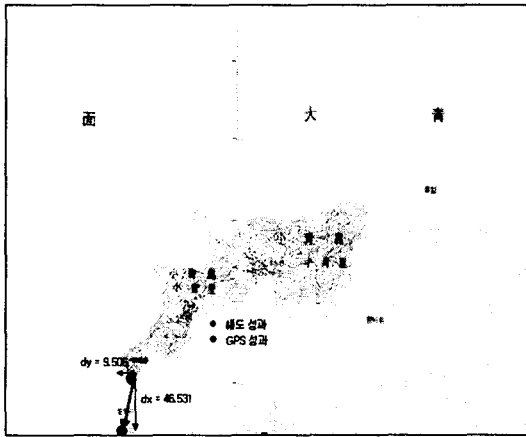


그림 4. 소청도 직선기점 변이량도

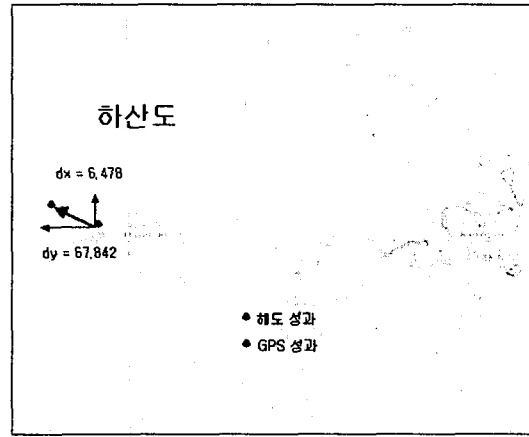


그림 5. 하산도 직선기점 변이량도

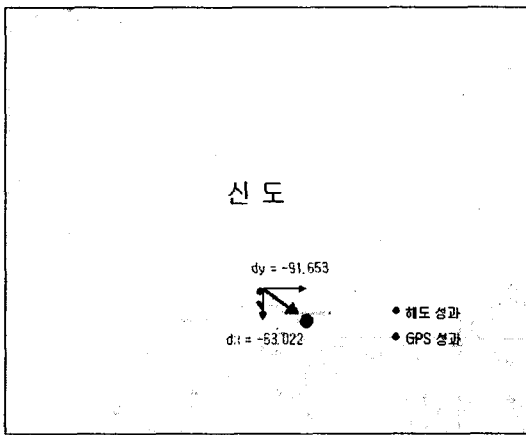


그림 6. 신도 직선기점 변이량도

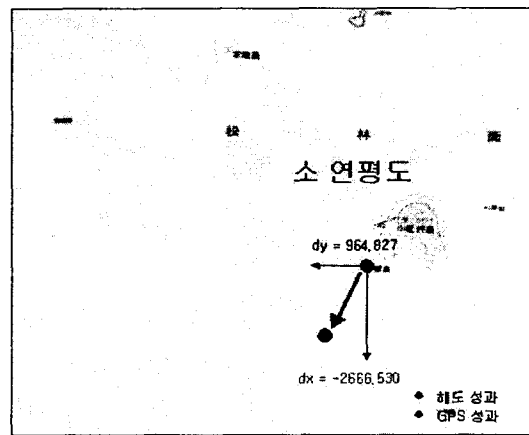


그림 7. 소연평도 직선기점 변이량도

6. 결 론

본 연구에서는 유엔해양법 발효에 따른 인접국과의 관련해역 경계선 협상에 필요한 국제적 기준에 부합하는 WGS84 좌표체계에 기초한 영해기선 결정을 위하여, 영해기점에 대한 GPS 측량을 실시하고 성과분석을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 본 연구를 통하여 국제기준에 맞는 과학적이고 합리적인 영해기점의 위치를 결정하였다.
- (2) WGS84 좌표계와 동경측지계에 기초한 성과를 도출하기 위한 성과계산 전략을 제시하였으며, 현장여건에 맞도록 영해기점의 성과산정을 위한 GPS측량 작업방법도 수정·보완하였다.
- (3) GPS로 영해기점의 위치를 결정한 결과, 기존의 영해기점 성과와 많은 차이를 보였으며 향후 GPS로 섬 주요지점을 관측하면 정확한 섬 위치 오류가 산출될 것이다. 또한, GPS를 이용하면 종래 측량방식으로는 불가능했던 도서지역 측량이 보다 정확하고 효율적으로 수행될 수 있으며, 이 측량성과는 우리나라 영해획정 및 과학적 국토관리에 크게 기여할 것이다.

참고문헌

1. 대한민국정부, 영해 및 접속수역법, 1996.
2. 외무부, 해양법에 관한 국제협약, 1996
3. 박춘호, 유병화, 해양법, 민음사, 1986
4. 국립해양조사원, 영해 및 접속수역(내부자료), 2000
5. 국립해양조사원, 영해기점도 조사연구 보고서, 2001.
6. 국립지리원고시, GPS에 의한 정밀1,2차 기준점측량 작업규정, 1994.
7. A.E. Ingham, Sea Surveying, John Wiley & Sons, 1975.
8. Richard R. Hobbs, Marine Navigation, Naval Institute Press, 1981.
9. B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, Global Positioning System, Springer Wien NewYork, 1997, pp.181~184.