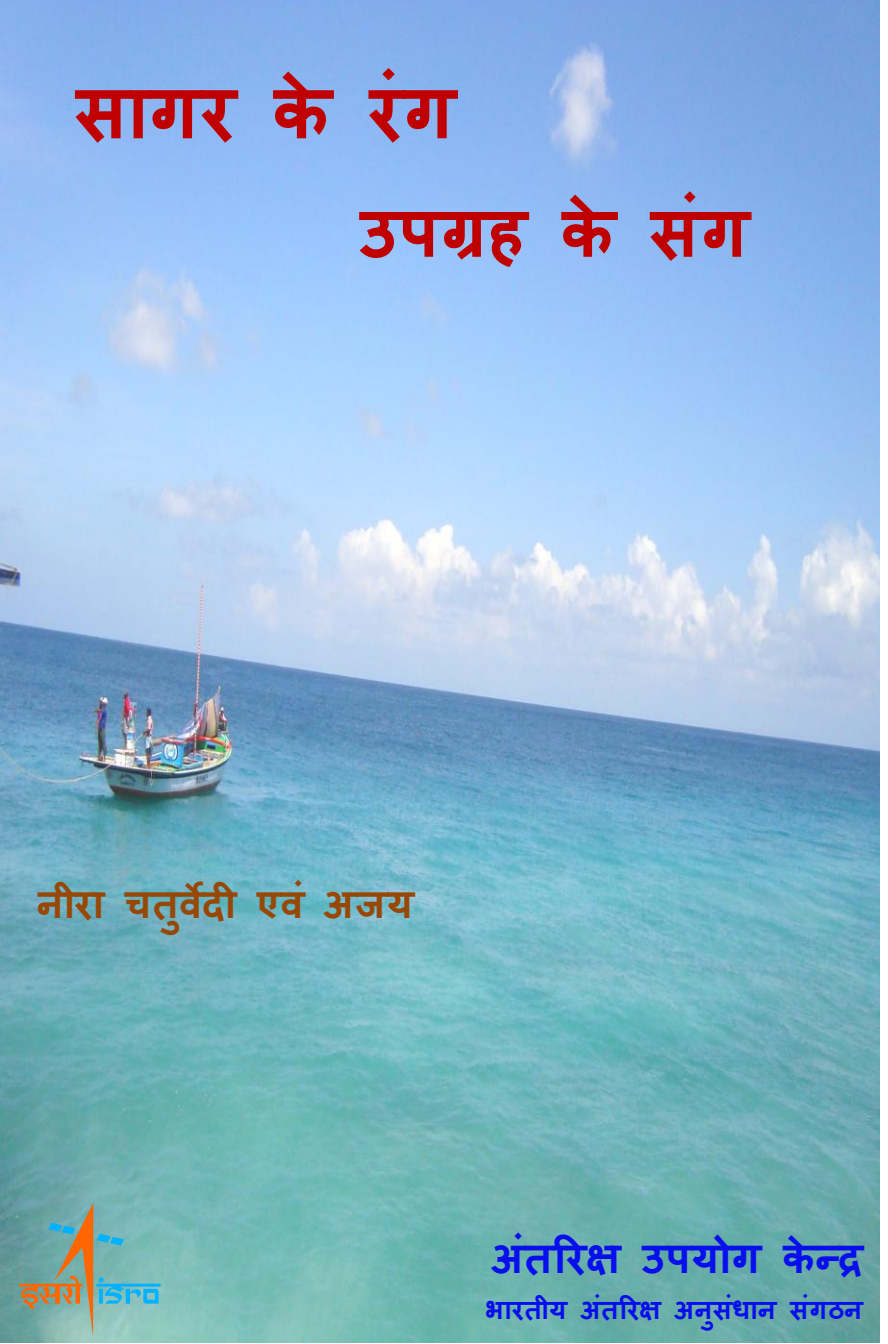
सागर के रंग
उपग्रह के संग



नीरा चतुर्वेदी एवं अजय

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन

सागर के रंग

उपग्रह के संग

नीरा चतुर्वेदी एवं अजय

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
भारत सरकार
www.sac.gov.in

सागर के रंग : उपग्रह के संग 2013

प्रकाशक

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन

भारत सरकार

ISBN 978-93-82760-08-5

ISBN 978-93-82760-07-8

9 789382 760078 >

@ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, (इसरो) 2013

मुद्रक

पुस्तकालय, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद 380015

सागर के रंगः उपग्रह के संग

विषय सूची

1. सागर आखिर है क्या ? 1

1.1 सागर

1.2 महासागर भौगोलिक रूप से सागर का विभाजन

1.3 सागर की उत्पत्ति

1.4 सागरीय जल

1.4.1 लवणता, खारापन (सैलिनिटी)

1.4.2 जल का घनत्व

1.5 कार्बन डॉयआक्साइड का अवशोषण

1.6 जैविक विविधता

1.7 तेल की उपलब्धता

2. सागर के जैविक संसाधन का अवलोकन 9

2.1 सागर का रंग

2.2 फाइटोप्लैंक्टॉन और उनका महत्व

2.2.1 फाइटोप्लैंक्टॉन

2.2.2 अंतरिक्ष से समुद्री रंग का मापन

2.3 फाइटोप्लैंक्टॉन और कार्बन चक्र

3. उपग्रह का अविर्भाव 23

3.1 उपग्रह द्वारा क्या-क्या मापा जा सकता है ?

3.2 उपग्रह की सीमाएँ क्या है ?
3.3 उपग्रह द्वारा प्राप्त सागरीय विशिष्टताएं
3.4 विशिष्टताओं का मापन
3.4.1 समुद्री सतह का तापमान
3.4.2 समुद्री रंग का मापन
3.5 क्लोरोफिल का मापन और सामयिक मानचित्र

4. जलवायु परिवर्तन और फाइटोप्लैंक्टॉन 41
4.1 कार्बन सारा कहां जाता है ?
4.2 फाइटोप्लैंक्टॉन महत्वपूर्ण आंकड़ें
4.3 उपग्रह आंकड़ों का मछुवारी के लिए उपयोग

5. जलवायु परिवर्तन में सागर की भूमिका 59
5.1 पाद्प इकोलॉजी की जलवायु परिवर्तन अनुसंधान में भूमिका
5.2 सागर और जलवायु परिवर्तन
5.3 सागर तथा कार्बन चक्र
5.4 जलवायु परिवर्तन के सागर पर प्रभाव
5.5 जलवायु परिवर्तन में सागर की भूमिका

1. सागर आखिर है क्या ?

1.1 सागर

सागर इस तरह का स्थान (आवास) है जो कि पूर्ण रूप से जल से निर्मित है तथा जलमण्डल (पृथ्वी की सतह की जलीय परत) का प्रमुख हिस्सा है । पृथ्वी के सागर (विश्व सागर) में कुल चार महासागर है और 20 से अधिक सागर है। विश्व सागर का क्षेत्र 361 x 106 कि.मी.^{2} (139 x 106 mi^2) है। इसका आयतन करीब 1.3 बिलियन क्यूबिक कि.मी. (310 मिलियन क्यूबिक मी.) है । इसका आधे से अधिक क्षेत्र 3000 मीटर (9800 फीट) से ज्यादा गहरा है । सागर पृथ्वी की सतह का 71% हिस्सा है । करीब 230 देशों में सागर तट विश्व समुद्रों द्वारा स्पर्श/ पखारा जाता है । आयतन की दृष्टि से सागर ग्रहीय जीवन स्थापन का 99% हिस्सा है जो कि ब्रह्माण्ड में सर्वाधिक क्षेत्र है जहां जीवित प्राणियों का निवास है । पृथ्वी का 97% से अधिक जल सागर में स्थित है । करीब 2% जमा हुआ आइस कैप्स तथा ग्लेशियर में, वायुमण्डल में 0.3% से कम बादल वर्षा और स्नो के रूप में, पृथ्वी के सारे झील देशीय सागर को मिला कर कुल 0.02% पृथ्वी के जल का हिस्सा बनता है । विश्व के समुद्री तट की कुल लम्बाई करीब 315000 मील है, जो कि भूमध्यरेखा को 12 बार नाप सकती है । सागर का औसत तापमान 2° से (39° फैं.), औसत विश्वव्यापी समुद्री गहराई करीब 12460 फीट (3798 मीटर) है, जबकि सबसे गहरा केन्द्र 36198 फीट (11033 मीटर) पैसिफिक सागर में मारियाना ट्रेंच में स्थित है। सागर का तल 'तलीय आवास' (बेन्थिक) कहलाता है जबकि ऊपरी जल को 'सतही आवास' (पेलानिक) कहते हैं । दोनों विभिन्न प्रकार के प्राणियों के

जीवन को आधार देते हैं। कोरल रीफ जो कि गर्म ट्रॉपिकस तथा सबट्रापिकस सागर में हैं, यहां विभिन्नता के आधार पर सबसे धनी समुद्री जीवन है (मधु महासागरीय क्षेत्र सागर कहलाते हैं, सी, गल्फ, दे.)

1.2 महासागर भौगोलिक रूप से सागर का विभाजन

1) प्रशान्त महासागरः यह एशिया तथा आस्ट्रेलिया को अमेरिका से अलग करता है ।
2) अटलान्टिक महासागरः यह अमेरिका को यूरेशिया तथा अफ्रीका से अलग करता है ।
3) हिंदी महासागरः यह दक्षिण एशिया को स्पर्श कर के अफ्रीका तथा आस्ट्रेलिया को अलग करता है।
4) दक्षिणी महासागरः यहां कोई भूमि का हिस्सा दूसरे महासागर से अलग नहीं करना । अतः कभी-कभी इसे प्रशान्त, अटलान्टिक तथा हिन्द महासागर के दक्षिणी हिस्सा मान लिया जाता है जो कि अन्टार्कटिका को घेरता है और अन्टार्कटिका का मुख्य रूप से सम्मिलित करता है ।
5) आर्कटिक महासागरः इसे कभी-कभी अटलांटिक का सागर माना जाता है जो कि मुख्यतः आर्कटिक को सम्मिलित तथा उत्तरी अमेरिका तथा यूरेशिया को स्पर्श करता है ।

प्रशान्त तथा अटलांटिक महासागर को भूमध्यरेखा द्वारा फिर उत्तरी तथा दक्षिणी हिस्से में विभाजित किया जा सकता है ।

1.3 सागर की उत्पत्ति

सागर की उत्पत्ति के बारे में कई धारणाएं हैं, लोकप्रिय धारणा के अनुसार सागर की उत्पत्ति जलवाष्प तथा अन्य गैसों के लम्बे समय तक पिघलती हुई पृथ्वी की चट्टानों से ठण्डी होती पृथ्वी के पास उपस्थित बादलों तक आने में निहित है । जब पृथ्वी की सतह उबलते पानी के तापमान से ठण्डी हुई, वर्षा की बूंदे नीचे गिरने लगी और सदियों तक गिरती रही । जैसे-जैसे पानी पृथ्वी की सतह के बड़े गड्ढों में विकसित हो कर, एकत्र अपरिपक्व सागर अस्तित्व में आया । गुरुत्वाकर्षण के बल ने जल को ग्रह में बाहर जाने से रोक दिया । सागर में जीवन का प्रादुर्भाव करीब 3.1 से 3.4 बिलियन वर्ष पूर्व हुआ । भूमि से सागर में जाने का सिलसिला करीब 400 मिलियन वर्ष पुराना है । कुछ वैज्ञानिकों का मत है कि सागर करीब 500 मिलियन वर्ष पुराने हैं क्योंकि जो जीव वहां रहते थे और जीवाष्म के रूप में मिले हैं कभी पुरातन सागर में रहते थे ।

1.4 सागरीय जल

समुद्री जल की विशिष्टताओं का आधार विशुद्ध जल की प्रकृति तथा इसमें घुले हुए पदार्थ दोनों ही है। समुद्री जल में घुले हुए ठोस पदार्थों के दो मुख्य स्रोत हैं - कुछ भूमि पर चट्टानों के रासायनिक स्खलन से पैदा हो कर नदियों द्वारा सागर में लाए जाते हैं तथा अन्य पदार्थ पृथ्वी के अन्तर से प्रकट होते हैं, इसमें से अधिकांश जलतापन प्रक्रिया से सागर में लाये जाते हैं । कुछ वायुमण्डल में ज्वालामुखी द्वारा प्रविष्ट होते हैं और फिर वर्षा एवं हिम द्वारा सागर में

प्रविष्ट हो जाते हैं । समुद्री जल में लगभग सभी का नन्हा अंश होता है, लेकिन अधिकांश घुलने वाले पदार्थ एक लघु आयन समूह से संबंधित हैं वास्तव में कुल 6 आयन, 98% से अधिक समुद्री जल में उपस्थित ठोस का प्रतिनिधित्व करते हैं, सोडियम तथा क्लोराइड करीब 85% ठोस के लिए जिम्मेदार हैं - जिसके कारण समुद्री जल का स्वाद नमकीन है । समुद्री जल की सैलिनिटी इसके जीवों को प्रभावित करती है - अधिकांश समुद्री जीव ताजे पानी में मर जाएंगे । हल्का-सा परिवर्तन भी उन्हें नुकसान पहुंचा सकता है ।

1.4.1 लवणता, खारापन (सैलिनिटी)

कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार सागर में लगभग 50 क्वाड्रि मिलियन टन (50 मिलियन बिलियन टन 50,000,000,000,000,000) धुले हुए ठोस पदार्थ है । सागर के मुख्य धुले हुए ठोस पदार्थ सोडियम लवण हैं (सोडियम क्लोराइड या नमक) कैल्शियम लवण (कैल्शियम क्लोराइड या चूना, कैल्शियम सल्फेट) पोटेशियम लवण (पोटेशियम सल्फेट) और मैग्नेशियम लवण (मैग्नेशियम क्लोराइड, मैग्नेशियम सल्फेट तथा मैग्नेशियम ब्रोमाइड) अटलांटिक का समुद्री जल प्रशांत महासागर के समुद्री जल से भारी है क्योंकि वहां लवण की अधिकता है समुद्री जल का हिमांक इसकी लवण मात्रा पर निर्भर करता है । सामान्यतः समुद्री जल में करीब 35 ग्राम लवण प्रति लिटर होता है तथा -19° से पर बर्फ बन जाता है ।

1.4.2 जल का घनत्व

समुद्री जल का घनत्व तापमान के अनुसार परिवर्तित होता है। ठण्डा होने पर घनत्व बढ जाता है, इसके हिमांक -1.9° से. पर यह अगर कभी किसी परिस्थिति में सारी ध्रुवीय बर्फ पिघल जाए तो विश्वव्यापी सागर स्तर 500 से 600 फीट बढ जाएगा । परिणामस्वरूप 85-90% पृथ्वी की सतह पानी में डूब जाएगी । आर्कटिक में करीब 10000 से 50000 हिमनद प्रतिवर्ष निर्मित होते हैं । अन्टार्कटिका क्षेत्र की मात्रा अनुमान से परे हैं । हिमनद का जीवन लगभग 4 वर्ष होता है । तीन वर्ष के बाद वे तैरना शुरू कर देते हैं ।

1.5. कार्बन डॉयआक्साइड का अवशोषण

सागर ईंधन के ज्वलन से उत्पन्न कार्बन डायआक्साइड का 30-50% अवशोषण करते हैं । कार्बनडायआक्साइड प्लैक्टॉन / द्वारा नीचे ले जाई जाती है । समुद्री जल के तापमान में कोई परिवर्तन प्लैक्टॉन की कार्बनडायआक्साइड ग्रहण करने की क्षमता को प्रभावित करता है जिसका प्रभाव इकोसिस्टम पर पड़ता है क्योंकि प्लैक्टॉन / भोजनश्रृंखला की आधार कड़ी है।

1.6 जैविक विविधता

सागर सबसे अधिक प्रकार के जीवन को आधार देता है जिसमें सूक्ष्मदर्शी प्लैक्टॉन से लेकर बृहद व्हेल तक शामिल है । मछली की करीब 21000 से अधिक प्रजातियाँ हैं जिनमें से अधिकांश सागरजीवी हैं । सागर का सबसे गहका हिस्सा

बहुताय से खोज विहीन है तथा नए जीवरूप की खोज अभी भी हर वर्ष हो रही है ।

1.7 तेल की उपलब्धता

तेल सागर का एक बहुत बड़ा संसाधन है । विश्व का करीब एक तिहाई तेल तटीय (ऑफशोर) स्थानों से सागर द्वारा प्राप्त होता है । तेल के खनन के लिए लोकप्रिय स्थान अरबसागर, गल्फ, उत्तर सागर, मैक्सिको, गल्फ आदि है । करोड़ों वर्ष पूर्व अनगिनत सूक्ष्मदर्शी पौधे (फाइरोप्लैक्टॉन) तथा जन्तु (जूप्लैक्टॉन) प्राचीन सागर में रहते थे । जैसे उनकी मृत्यु होती गई उनके अवशेष सागर तल में एकत्र होते रहै जिसमें मिट्टी और कीचड़ मिल कर करोड़ों वर्ष में कार्बनमुक्त परत हजारों फीट की बन गई जो कि दब कर चट्टान में परिवर्तित हो गई । अंततः तेल का स्रोत बन गई । लम्बी अवधि के उपरांत जैसे-जैसे इस गड़े हुए अवशेष से बनी तह की गहराई बढ़ी, दबाव बढ़ा और साथ ही तापमान भी बढ़ा। इस परिस्थिति में, काफी लम्बे समय तक फाइटोप्लैक्टॉन और जूप्लैक्टॉन के मूल अवशेष टूट कर सामान्य पदार्थ यथा हाइड्रोकार्बन - हाइड्रोजन तथा कार्बन के यौगिक में परिवर्तित हो गए । यह प्रक्रिया अभी भी चल रही है हालांकि जब तक अगला तेल स्रोत तैयार हो इसमें करोड़ों वर्ष लगेंगे।

2 सागर के जैविक संसाधन का अवलोकन

आप कल्पना करें कि सागर के तट (बीच) पर खड़े हो कर विस्तार में दूर-दूर तक फैले हुए सागर को निहार रहे हैं जो कि आपको चारों तरफ एक जैसा ही नजर आता है और जब आप पीछे मुड़ कर धरा पर दृष्टि डालते हैं तो वहां पेड़, पौधे, चिड़िया, जीव जन्तु नजर आते हैं जिससे कि जीवनंतता नजर आती है - किंतु क्या वास्तव में ऐसा ही है, बहुधा दृष्टि धोखा खा जाती है ।

पूर्व में हमने सागर के बारे में जो भी जाना है - वह नाव या बड़े जहाज में व्यक्तियों ने जा कर जानकारी एकत्र की (चित्र-1) (चित्र-2) या बुई से जानकारी मिली । सागर बहुत ही विस्तृत है और नाव या जहाज इतनी शीघ्रता से सही जानकारी एकत्र नहीं कर सकते। इसके अतिरिक्त सागर की अवस्था तेजी से बदलती रहती है । अतः विस्तृत क्षेत्र और तेजी से बदलती अवस्था के कारण परिस्थितियों का एक स्थान पर भी भली प्रकार आंकलन करना बहुत मुश्किल हो जाता है । जहाज पर आधारित सागर वैज्ञानिकों को बहुधा एक छोटे क्षेत्र में आंकलन करने पर ही सीमित रहना पड़ता है वो भी काफी मुश्किलों के साथ (चित्र-2) । दूसरी तरफ उपग्रह संचार से बहुत विस्तृत क्षेत्र का कम समय में अवलोकन किया जा सकता है । इसे 'सिनोप्टिक व्यू' कहते हैं -

अर्थात काफी बड़े क्षेत्र का एक साथ एक ही समय पर अवलोकन।

2.1 सागर के रंग

सागर का रंग कैसा है और यह जानने के लिए उपग्रह की क्या आवश्यकता है ? यदि कोई सामान्यतः यह प्रश्न पूछे कि सागर का रंग कैसा है तो बहुत संभव है कि आपका उत्तर हो नीला, और विश्व के अधिकांश सागर के संदर्भ में आपका उत्तर सही भी होगा । जब प्रकाश हमारे आसपास की चीजों से परावर्तित (रिफ्लेक्ट) होकर हमारे आंखों तक पहुँचता हैं तो हम रंग देखते हैं। श्वेत प्रकाश कई रंगों से मिलकर (स्पैक्ट्रम) बनता है जैसे कि इन्द्रधनुष, तथा इन रंगों की अलग-अलग वेवलेन्थ तरंग दैर्घ्य होता है । प्रकाश की लम्बी तंरग दैर्घ्य (वेवलेन्थ) लाल तथा छोटी नीली रंग की होती है । इन्द्रधनुष के रंगों का क्रम - लाल, नारंगी, पीला, हरा, नीला तथा बैंगनी उनके तंरग दैर्घ्य (वेवलेन्थ) की लम्बाई को बड़े से छोटे के क्रम में दर्शाता है । जब प्रकाश किसी वस्तु की सतह पर टकराता है, ये विभिन्न रंग परावर्तित या अवशोषित होते हैं और इसकी तीव्रता उस वस्तु के विशेष गुण पर निर्भर करती है जहां प्रकाश टकराता है । जो रंग हम देखते हैं वह इस पर निर्भर करता है कि कौन सा रंग परावर्तित होता है और कौन सा अवशोषित। यदि एक किताब हमें लाल प्रतीत होती है वह प्रकाश के हरे और नीले भाग को अवशोषित

करती है और प्रकाश के लाल भाग को परावर्तित करती है ।

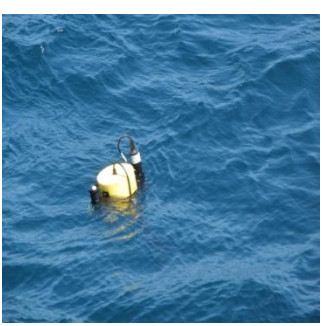
इसी प्रकार सागर की प्रक्रिया है । जब सूर्य प्रकाश सागर की सतह से टकराता है कुछ सीधा परावर्तित हो जाता है (सन ग्लिन्ट), लेकिन अधिकांश सागर की सतह को चीर कर जल अणुओं के निकट संपर्क में आकर उसके साथ से क्रिया (interact) करता है । अधिकतर प्रकाश में पुनः विकिरिण हो जाता है गहरे सागर का पानी स्वच्छ और नीला दिखता है, जबकि लाल भाग सतह के बहुत समीप ही अवशोषित हो जाता है । हालांकि सागर में जल के अतिरिक्त और भी कई चीजें होती हैं जो पानी के रंग को बदल सकती है । तटीय क्षेत्रों में नदियों से आया हुआ जल, रेत और मिट्टी का ससपेंशन, टाइड्स, करेंट और तूफान द्वारा आया हुआ जल तथा साथ ही कई अन्य चीजें तटीय जल के रंग को प्रभावित कर सकती है।

2.2 फाइटोपैलक्टॉन एवं उसका महत्व

सागर का संसार विभिन्न है, वास्तव में सागर पृथ्वी के 99% जैविक स्थान का प्रतिनिधित्व करते हैं। सागर में पायी जाने वाली जैविक विविधता एवं प्राकृतिक संसाधन धरती पर पायी जाने वाली विविधता की तुलना में काफी अधिक है । सागर के जीवन का सर्वाधिक महत्वपूर्ण हिस्सा हैं सूक्ष्मदर्शी, फाइटोप्लैक्टॉन जो कि अत्यन्त

नन्हें पौधे हैं और सागर में प्रवाह (करंट) के साथ बहते रहते हैं लेकिन साथ ही इस ग्रह के जीवन के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं । यह कहा जा सकता है कि फाइटोप्लैक्टॉन के अभाव में पृथ्वी पर जैसा जीवन हम जानते हैं, कभी संभव नहीं होता और उनके बिना जीवन का अस्तित्व ही नहीं रह पाता। जीवन हेतु श्वसन आक्सीजन का कम से कम आधा उत्पादन करते हैं। जीवित वस्तुओं में उपस्थित होती हैं जिससे लम्बे समय के पश्चात करीब 99% कार्बन डायआक्साइड समुद्री सैडीमेन्ट्स में दफन हो जाती है और इसके लिए अधिकांशतः फाइटोप्लैक्टॉन ही उत्तरदायी हैं। फाइटोप्लैक्टॉन ही समुद्री भोजन श्रृंखला का आधार हैं और इस तरह करीब समस्त समुद्री जीवन के लिए अपरिहार्य हैं ।

चित्र-1 गहरे सागर में अनुसंधान जहाज

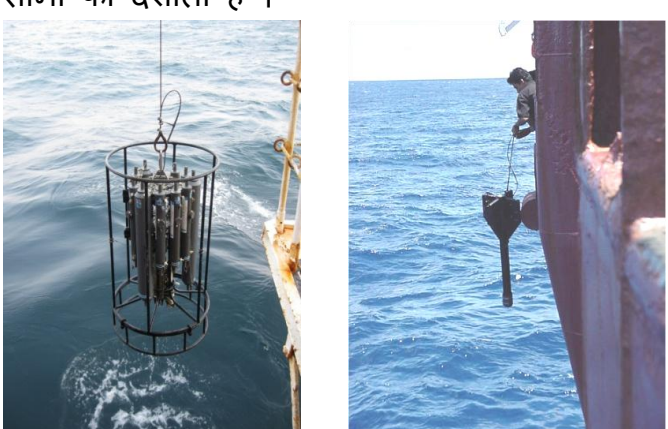


चित्र-2 समुद्री आँकड़ों के सतत एकत्रीकरण हेतु बुई

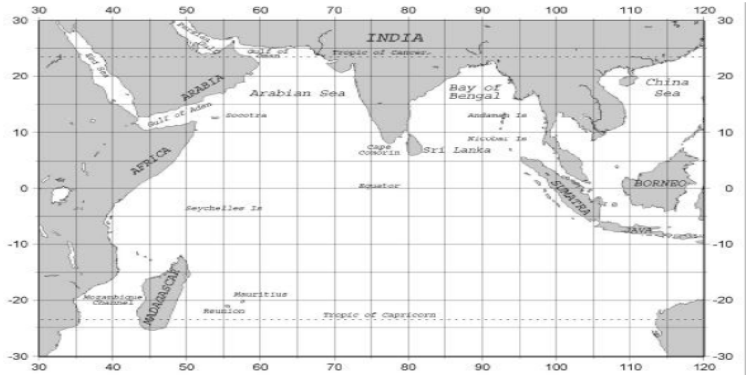
आखिरकार मुख्यतः विश्व के सभी समुद्रों के रंग जिस कारण सर्वाधिक प्रभावित होते हैं वो है फाइटोप्लैक्टॉन -

ये अति सूक्ष्म, एक कोशीय पौधे हैं जो कि प्राय: एक पिन के सिरे से भी नन्हें होते हैं तथा उनमें हरी पिगमेन्ट क्लोरोफिल उपस्थित रहती है । सारे पौधे (भूमि और सागर में) सूर्य से ऊर्जा प्राप्त कर अपने लिए भोजन कर निर्माण स्वयं करते है, क्लोरोफिल का

उपयोग कर ये पौधे, प्रकाश संश्लेषण फोटोसिन्थेसिस प्रक्रिया द्वारा पानी और कार्बनडायआक्साइड उपयोग करते हुए नए कोशिकाओं एवं पौधे पदार्थ का निर्माण करते है, इस प्रकिया में आक्सीजन का भी निर्माण होता है । हालांकि सूक्ष्म फाइटोप्लैक्टॉन इतनी अधिक संख्या में वृद्धि कर सकते हैं कि वे सागर का रंग इस हद तक बदल सकते हैं कि अंतरिक्ष से उपग्रह चित्रों द्वारा हम इस बदलाव को देख सकते हैं । हिन्द महासागर का मानचित्र (चित्र-4) अरब सागर और बंगाल की खाड़ी की सीमा को दर्शाता है ।



चित्र सं. 3 समुद्री आंकड़ों का संग्रहण



चित्र-4 हिंद महासागर मानचित्र

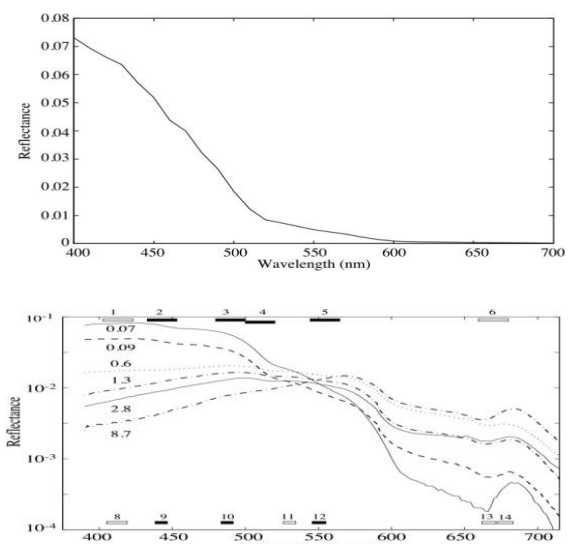
फाइटोप्लैक्टॉन - यह महसूस करना बहुत आवश्यक है कि फाइटोप्लैक्टॉन सागर को हरा रंग प्रदान करने के अलावा भी हमारे लिए बहुत कुछ करते हैं ।

फाइटोप्लैक्टॉन समुद्री भोजन श्रृंखला की पहली कड़ी हैं । सागर में सूक्ष्म जंतु जूप्लेक्टॉन फाइटोप्लैक्टॉन का भोजन करते हैं और ये "भोजन श्रृंखला" की दूसरी कड़ी है । तीसरी कड़ी में आते हैं नन्हें जीवजंतु जो कि जूप्लेक्टॉन को अपना भोजन बनाते हैं । इसी तरह इस श्रृंखला की सबसे बड़ी जीव नीली व्हेल है जो कि अन्य जंतुओं एवं मछलियों को अपना आहार बनाते हैं ।

भूमि के पौधों की तरह फाइटोप्लैक्टॉन को भी वृद्धि के लिए सूर्यप्रकाश, जल, कार्बन डायआक्साइड तथा पोषक तत्वों की आवश्यकता होती है । सागर में जल की की कोई कमी नहीं और सतही जल पर प्रकाश भी पर्याप्त होता है । कार्बन डायआक्साइड सागर में प्रचुर मात्रा में

होती है और जब कभी सतही जल में इसकी कमी हो जाती है क्योंकि फाइटोप्लैक्टॉन ने फोटोसिंथेसिस की प्रक्रिया में इसका उपयोग कर लिया है, तो इसकी कमी को ऊपरी वायुमण्डल द्वारा पूरा कर दिया जाता है ।

अंतरिक्ष से "समुद्री रंग" के सुदूर संवेदन द्वारा मापन का मूल सिद्धांत यह है - जितने अधिक फाइटोप्लैक्टॉन पानी में होंगे, उतना ही पानी का रंग हरा होगा, जितने कम फाइटोप्लैक्टॉन होंगे उतना पानी का रंग नीला होगा। शुद्ध जल तथा क्लोरोफिल की विभिन्न मात्राओं का प्रकाश की तरंग के साथ परावर्तित । (रिफ्लैक्टैंस) स्पैक्ट्रा (चित्र-5) इसे स्पष्ट करता है ।

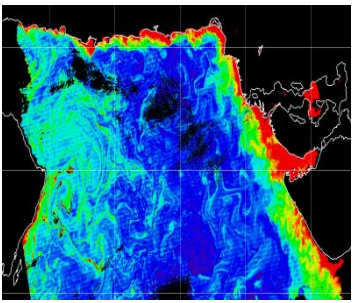


चित्र-5 शुद्ध जल तथा क्लोरोफिल की विभिन्न मात्राओं का प्रकाश की तरंगों के साथ परावर्तिता स्पैक्ट्रा

अतः फाइटोप्लैक्टॉन की मात्रा पानी के रंग को प्रभावित करती है जो कि गहरे सागर में कम फाइटोप्लैक्टॉन के कारण नीला तथा तटीय सागर में अधिक फाइटोप्लैक्टॉन के कारण हरा प्रतीत होता है ।

हमारा उद्देश्य यह जानना है कि 'फाइटोप्लैक्टॉन' की मात्रा एक स्थान पर कितनी है ? और साथ ही उनका वितरण और मात्रा, स्थान और समय के साथ किस प्रकार बदलती है । सागर पृथ्वी की सतह का करीब 70% क्षेत्र होने के कारण हमारे ग्रह पर जीवन की चिर उपस्थिति के लिए केन्द्र बिंदु हैं । सबसे पहले जीवन के संकेत सागर में ही मिले । पृथ्वी पर सबसे भीमकाय जीव (व्हेल्स) और सबसे सूक्ष्म (बेक्टेरिया, वायरस) सागर में रहते हैं ।

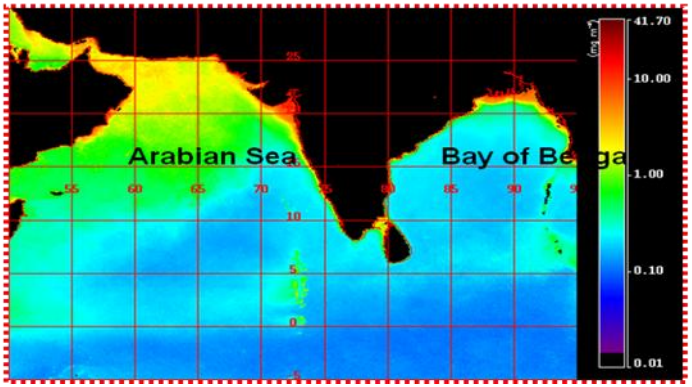
सागर में फाइटोप्लैक्टॉन की वृद्धि का नियमन (regulation) करने वाला प्रमुख घटक पोषक तत्वों की उपलब्धता है । पोषक तत्व (नाइट्रेट्स, फोस्फेट्स, सिलिकेट इत्यादि) गहरे सागर में ठण्डी गहराई में प्रचुर मात्रा में होते हैं जब कभी यह जल सतह पर आता है तब सागर को उर्वर/उपजाऊ बना देता है और फाइटोप्लैक्टॉन बड़ी तादाद में बढ जाते हैं और इस अवस्था को हम "फाइटोप्लैक्टॉन ब्लूम" कहते हैं ।
(चित्र 6, 7)



चित्र-6 सामान्य चित्र **चित्र-7 उपग्रह चित्र**

शैवाल की बहार (अल्गल ब्लूम)

फाइटोप्लैक्टॉन के वितरण का जो नमूना (Pattern) दिखाई देता है वह भौतिक एवं जैविक दोनों प्रक्रियाओं का परिणाम है चित्र - 8 । फरवरी माह में औसत क्लोरोफिल दर्शा रहा है। सागर में जहां मिश्रण प्रक्रिया होती है अथवा करंट प्रवाह शीत, पोषण तत्वों युक्त जल को गहराई से ऊपर लाती है, परिणामस्वरूप सतह का जल पोषणयुक्त तत्वों की मात्रा बढ जाने से फाइटोप्लैक्टॉन की वृद्धि को बढ़ावा देता है । बड़े मापन आधार पर सागर में फाइटोप्लैक्टॉन का वितरण का अध्ययन करने से पता चलता है कि यह कितनी घनिष्ठता से पोषणयुक्त तत्वों की सतह पर आपूर्ति पर निर्भर है ।



चित्र-8 फरवरी माह में औसत 1997 से 2010 सागर के रंग दर्शाता उपग्रह से प्राप्त चित्र

फाइटोप्लैक्टॉन समुद्री इकोसिस्टम की परिस्थितिकी (ecology) में महत्वपूर्ण (key) भूमिका निभाते हैं तथा उनके वितरण का प्रकार तथा मात्रा का संपूर्ण इकोसिस्टम पर गहरा प्रभाव पड़ सकता है ।

चूंकि सभी जंतु श्रृंखला अपने भोजन के लिए प्लेक्टॉन प्राथमिक भोजन आधार पर निर्भर करते हैं । अतः यदि प्लेक्टॉन का अभाव हो जाए तो भोजन श्रृंखला टूट जाएगी और परिणामस्वरूप जंतुओं को इसकी क्षति भोगनी पड़ेगी । समुद्री में जीवन भौतिक परिस्थितियां जो कि जीवन जीने के लिए एक स्टेज प्रदान करती है तथा आजीवन जीने की क्षमता के बीच एक नाजुक संतुलन है ।

2.3 फाइटोप्लैक्टॉन और कार्बन चक्र

हालांकि फाइटोप्लैक्टॉन इस ग्रह के करीब 50% प्रकाश संश्लेषण (Photosynthesis) के लिए उत्तरदायी है, 99.9% से अधिक कार्बन डायआक्साइड जो कि जीवित वस्तुओं में बहुत ही लंबे समय से (भूगर्भ समय) से समाहित है - वह समुद्री तलघट में दफन है इस बात की और इंगित करते हुए कि फाइटोप्लैक्टॉन वायुमण्डल में कार्बन डायआक्साइड की मात्रा के नियमन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं ।

किंतु सभी फाइटोप्लैक्टॉन हरे नहीं होते । वे विभिन्न आकार और रंगों में पाए जाते हैं । हालांकि उनमें से अधिकांश हानिरहित होते हैं परंतु कुछ विशेष तरह के फाइटोप्लैक्टॉन की मात्रा और विषैले पदार्थ पैदा करते हैं जो कि समुद्री जीवन के लिए काफी हानिकारक होता है और कभी-कभी तो मनुष्यों पर भी प्रभाव पड़ सकता है। इन हानिकारक फाइटोप्लैक्टॉन की ब्लूम आने पर ऐसी स्थिति बन सकती है जब फाइटोप्लैक्टॉन की वृद्धि का कारण सीवेज डिस्चार्ज - अथवा भूमि कृषि खाद क्षेत्र से आई हुई नदी द्वारा लाए गए बहुतायत पोषणयुक्त तत्व होते हैं तब इसका परिणाम गंभीर हो सकता है ।

फाइटोप्लैक्टॉन के घने ब्लूम सूर्यप्रकाश को गहराई तक लाने में रूकावट पैदा करके पानी के नीचे रहने वाले

अधडूबे जलीय वनस्पति में गिरावट पैदा कर सकते हैं - यह स्थान कई मछली एवं जंतुओं, प्रजातियों के लिए अपरिहार्य नर्सरी स्थान होने से इनके नुकसान से पारिस्थितिकी में गंभीर परिणाम हो सकते हैं ।

इसके अतिरिक्त ये ब्लूम समाप्त होने पर मरे हुए फाइटोप्लैक्टॉन सागर तल में डूब जाते हैं और इनके बैक्टेरियल यौगिक अवघटन से पानी में आक्सीजन का अभाव हो जाता है । मछली, शैलमछली एवं अन्य जीवजंतु जीवित रहने के लिए आक्सीजन पर निर्भर करते हैं इसलिए मरे हुए फाइटोप्लैक्टॉन ब्लूम उनके भारी मात्रा में मृत्यु का कारण बन जाते हैं ।

3.0 उपग्रह का आविर्भाव (Emergence)

सागर के रंग में बदलाव के विश्वस्तरीय इमेज (नक्शे) सर्वप्रथम कोस्टल ज़ोन कलर स्केनर (सी.ज़ेड.सी.एस.) द्वारा प्राप्त किए गए जिनसे सुनिश्चित मौसमी पैटर्न का पता चलता है । जो कि कई ट्रापिकल तथा सबट्रापिकल क्षेत्र में पोषण तत्वों के अपवैलिंग द्वारा गहरे ठण्डे जल के ऊपर आने से पोषण तत्वों की अधिकता से फाइटोप्लैक्टॉन की वृद्धि का कारक है । कोस्टल जोन कलर स्केनर ने 1978-1986 तक कार्य किया और महत्वपूर्ण जानकारी उपलब्ध की ।

उपग्रह द्वारा जानकारी को एक ही समय में बड़े क्षेत्र को देखने में सक्षम होने के कारण समुद्री अनुसंधान के लिए यह एक महत्वपूर्ण साधन (टूल) साबित हो रहा है । बड़े क्षेत्र में विस्तृत क्षेत्रीय तथा भूमण्डलीय प्रक्रियाओं का अध्ययन उपग्रह के बिना केवल परम्परागत तरीके से संभव होना मुश्किल था ।

3.1 उपग्रह द्वारा क्या-क्या मापा जा सकता है ?

उपग्रह के संवेदकों का विकास इस प्रकार किया गया है कि या तो वे प्रकाशिकी/अवरक्त इलेक्ट्रोमेग्नेटिक हिस्से में (तरंग दैर्घ्य 0.4-12μस) या फिर सूक्ष्मतरंग हिस्से (-0.3-30 से.मी.) में कार्य कर सकते हैं ।

पिछले अनुभव के आधार पर, निम्नलिखित भौतिक उपलब्ध प्राचल के समुद्री सतह के उपग्रह द्वारा मापे जा सकते हैः

- समुद्री रंग
- तापमान
- समुद्रीय सतह की ऊँचाई
- सतही खुरदुरापन

अभी सभी समुद्रीय लक्षण, भौतिक, रसायनिक, जैविक या भूगर्भी के लिए आवश्यक है कि वे कोई सतह पर लक्षण प्रगट करें तभी अंतरिक्ष में उनका अवलोकन/अनुश्रवण किया जा सकता है । उदाहरण के लिए क्लोरोफिल की सांद्रता सागर के रंग को प्रभावित करे । सागर तल की रचना का असर अपर सतह पर समुद्री सतह के आकार (खुरदुरापन roughness) में परिलक्षित हो सकता है । केवल सागर का रंग सूक्ष्मतरंग संवेदकों द्वारा नहीं नापा जा सकता ।

3.2 उपग्रह की सीमाएं क्या हैं ?

सागर के अध्ययन के लिए हालांकि निर्विवाद रूप से सुदूर संवेदन तकनीक बहुत ही कारगर सिद्ध हुई है लेकिन यह सच है कि काफी समय तक 'अंतरिक्ष से सागर विज्ञान' की धारणा सच्चाई की, जगह केवल एक वादा ही था इसके कारणों को समझना मुश्किल नहीं है।

शुरूआत में यह ज्यादा आश्चर्यजनक लगता था कि उपग्रह संवेदक करीब 1000 कि.मी. की ऊंचाई तथा 7 कि.मी./से. की गति से यात्रा करते हुए अनुसंधान जहाज, नाव द्वारा एकत्रित किए गए डेटा की विश्वसनीयता का मुकाबला कर सकते हैं । उपग्रह द्वारा प्राप्त चित्र की उपयोगिता मुख्यतः इसमें वृहद परिदृश्य में ही थी जिससे सतह पर स्थित बड़े क्षेत्र के फीचर्स का मापन किया जा सके । उपग्रह की दूसरी गंभीर सीमा उनके दृश्य की सतह तक सीमित होने से थी, वे सतह के नीचे गहराई की प्रक्रिया के बारे में अत्यंत अल्प या कोई भी सूचना देने में असमर्थ थे ।

प्रारंभ में उपग्रह की कार्यक्षमता के बारे में सर्वाधिक गंभीर अवरोध उपग्रह संवेदकों का बादल के पार देख पाने में असमर्थ होना मान गया । ऐसी बहुत सी सामुद्रिक अनुसंधान है जहां नियमित समय के अन्तराल पर आंकड़े लेना आवश्यक है । अतः उपग्रह द्वारा सागर का सर्वांगी अध्ययन कठिन सिद्ध हुआ ।

हम यह देखें कि उपग्रह द्वारा सागर के उपयोगी आंकड़े प्राप्त करने में ये तीन प्रमुख अवरोध थे और किस प्रकार उनको बहुतायत से काबू किया गया ।

- संवेदक परिशुद्धि (accuracy) / डाटा की शुद्धता
- केवल सतही जल की जानकारी दे पाता

- बादल आच्छादन

(i) संवेदक परिशुद्धिः सन् 1964 में वुड्स हॉल ओशिनोग्राफिक इन्स्टिटयूट में करीब 150 सागर विज्ञानी 'ओशिनोग्राफी फ्रॉम स्पेस' संगोष्ठी के लिए एकत्रित हुए। यह स्पूतनिक उपग्रह प्रक्षेपण के कुछ ही वर्षों बाद की बात थी अब तक वैज्ञानिक समुदाय पारम्परिक तरीकों से सागर का अध्ययन एवं अनुसंधान जहाज / नाव द्वारा करने का अभ्यस्त था। उस संगोष्ठी के अंत में सहभागी वैज्ञानिकों ने परिशुद्धि विशेषताओं का भविष्य के उपग्रहों के लिए एक खाका तैयार किया जो कि उस समय निकट भविष्य में नितांत असंभव जान पडता था । फिर भी 14 वर्षों के अन्दर "सीसैट उपग्रह" की कार्यक्षमता इसके चार सूक्ष्मतरंग संवेदकों ने उम्मीद से भी बेहतर परिणाम दिए और साथ ही सागर विज्ञानी समुदाय को भी चौंका दिया । सागर वैज्ञानिक इतने अधिक आंकड़ों और इमेजों को, इमेजों को जो कि 'सी-सैट' ने प्रथम तीन महिने में दे दिए उनका विश्लेषण करने के लिए तैयार ही नहीं थे । यह तथ्य है कि 1980 के दशक में उपग्रह अप्रनिस्थापनीय बन गया और यह मुख्य कारण है कि उपग्रह द्वारा सुदूर संवेदन एक वास्तविकता सिद्ध हुई।

(ii) उपग्रह दृश्य सतह तक सीमितः

ऐसा अनुमान था कि रेडियो तरंगे सागर में विस्तार नहीं पाती और प्रकाश का भेदन (penetration) भी सीमित है । ऐसा प्रतीत हो रहा था कि उपग्रह सागर प्रक्रिया के बारे में केवल अल्प जानकारी दे कर हमारी समुद्री, भौतिकी, रासायनिकी एवं जीवविज्ञान की जानकारी साथ ही साथ सागर तल भूचित्रण की जानकारी में कोई खास इजाफा नहीं कर सकेगा । किन्तु यह केवल अंशतः सत्य है । समुद्री वातावरण के बहुत से बदलाव जो कि मानव क्रियाओं पर प्रभाव डालते हैं जैसे - लहरें, टाइड्म, तरंग, तूफान, हिम बहाव, प्रदूषण एवं मौसम का पैटर्न आदि - सागर की सतह पर देखे जाते हैं ।

(iii) मेघाच्छादन (Cloud cover):

शुरू के उपग्रह संवेदकों की यह सबसे बड़ी सीमा थी कि वे बादलों को भेधने में असमर्थ थे जिसके कारण वर्षाऋतु में चित्रों व आंकड़ों की उपलब्धता प्रभावित होती थी। यह सूक्ष्मतरंग संवेदकों के विकास से सन् 1978 में 'सी सैट' के प्रक्षेपण में 'उपग्रह से सागर विज्ञान' एस एच में रूपांतरित हो सका ।

समुद्रीय विज्ञान में अग्रिम अनुसंधान, सुदूर संवेदन विकास के साथ एक प्रकार से गुथे हुए हैं।

3.3 उपग्रह द्वारा प्राप्त प्रमुख सागर विशिष्टताएं हैः

(1) समुद्री रंग (जीवन)
(2) समुद्री प्रवाह / करेंट
(3) समुद्री सतह वायु
(4) समुद्रीय सतह तापमान
(5) सागर तरंग ऊंचाई तथा स्पैक्ट्रम
(6) बहुउद्देश्यीय इमेजरी

उपग्रह और सुदूर संवेदन - सागर को उपग्रह (पृथ्वी के ऑरबिट) द्वारा सुदूर संवेदकों की सहायता से (मॉनीटर) अनुश्रवण किया जाता है । सुदूर संवेदक - औजार जो पृथ्वी की विशेषताओं की सूचना बिना भौतिक रूप से संपर्क में आए एकत्र करते हैं, ये उपग्रह सागर के रंग, सतह के तापमान, हिमाच्छादन आदि की सूचना देते हैं-

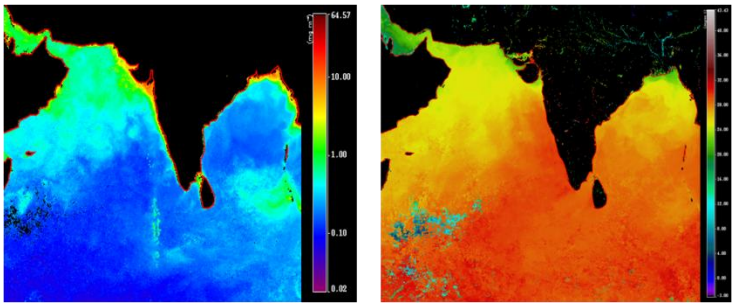
3.4 विशिष्टताओं का मापन -

3.4.1 समुद्री सतह का तापमान -

सागर वायुमण्डल तंत्र एक ऊष्मा इंजन है जो कि सौर्य ऊर्जा से परिचालित है। औसत दैनिक आनेवाली विकिरण

भूमध्यरेखा से ध्रुव की ओर कम होती जाती है । निम्न दशांश पर तुलनात्मक अधिक मात्रा में सूर्य का विकिरण हर वर्ष प्राप्त होती हैं - जबकि ठण्डे मौसम में अंधेरे और सूर्य किरण के तिरछे हो जाने से उच्च दशांश पर विकिरण की मात्रा कम हो जाती है । सूर्य से प्राप्त पृथ्वी भी विकिरण का पुर्नउत्सर्जन हल्की सी लम्बी तरंग दैर्घ्य में करती है जिसमें से बहुतायत का प्राकृतिक ग्रीन हाउस गैस जो वायुमण्डल में उपस्थित है द्वारा अवशोषण हो जाता है ये गैस है - कार्बन डायआक्साइड, जल वाष्प तथा मेघ बूंदे निम्न देशांश पर विकिरण का विशुद्ध लाभ एवं उच्च देशांश पर विशुद्ध हानि होती है। किंतु चूंकि निम्न देशांश पर विकिरण का विशुद्ध लाभ नहीं है (अथवा उच्च देशांश पर हानि) अतः आवश्यक है कि ऊष्मा का स्थानांतरण संयुक्त बनाए रखने के लिए हो । यह मुख्यतः वायु द्वारा वायुमण्डल में एवं तरंग द्वारा सागर में होता है ।

ट्रापिक्स में सागर ऊष्मा के ध्रुवीय स्थानांतरण में प्रमुख भूमिका निभाता है जबकि उच्च देशांश पर वायुमण्डल का योगदान प्रमुख है । समुद्री योगदान के दो मुख्य अवयव वायु संचालित तरंगे तथा घनत्व संचलित (तापीय लाइन) गहरे संचार है । एक ही समय पर समुद्री रंग एवं समुद्री तापमान को दर्शाता जनवरी माह का चित्र 9 में दिया गया है ।



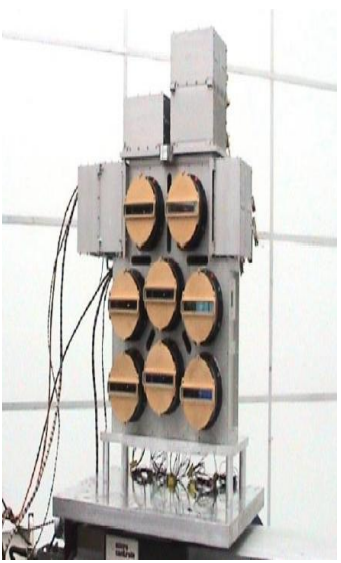
(अ) **(ब)**

चित्र-9 (अ) क्लोरोफिल तथा (ब) समुद्री सतह तापमान का उपग्रह द्वारा प्राप्त चित्र जनवरी 1998

3.4.2 सागर के रंग का मापन -

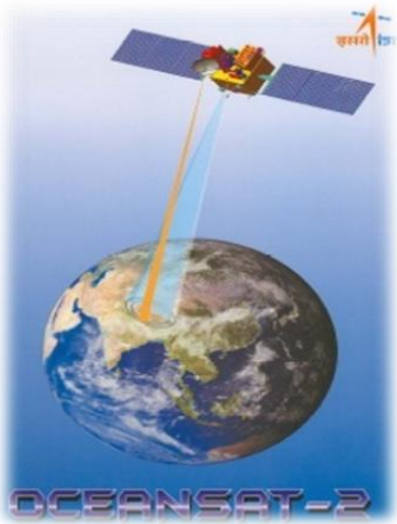
सुदूर संवेदन द्वारा जैव सामुद्रिकी अध्ययन का आधार सागर के रंग में परिवर्तन तथा उसकी मात्रा का मापन है। भारतीय सागर उपग्रह श्रृंखला का प्रथम उपग्रह (ओशनसैट-1) 26 मई, 1999 को श्रीहरिकोटा से स्वदेशी पोलर सैटेलाइट लांच वहिकल (PSLV) द्वारा सफलतापूर्वक प्रक्षेपित किया गया। एक आठ बैण्ड वाला बहुस्पैक्ट्रम कैमरा "ओशन कलर मॉनीटर" (ओ.सी.एम.) इस पर स्थित था (चित्र 10-12) । ये आठ स्पैक्ट्रम बैण्ड 400 नैनोमीटर से 885 एनएम तरंग दैर्घ्य के बीच स्थित थे और उनकी स्पैक्ट्रम विभेदन क्षमता 20/40 एन.एम. थी । स्थल विभेदन (स्पेशियल रिजोल्यूशन) 360 मी. तथा दृश्य विस्तार (1420 कि.मी.) तथा पुनः

दृश्य क्षमता (रिविजिट समय) 2 दिन थी। ओशनसैट विशेषतों संबंधित विस्तृत जानकारी तालिका क्र. 1 में दी गई है। ओशनसैट 1 के आंकड़े 3 जून, 1999 से उपलब्ध हैं - साथ ही साथ अमरीकी उपग्रह के संवेदक सीव्फिस के आंकड़े भी अगस्त 1997 से 2010 तक उपलब्ध रहे । ये दोनों ही संवेदक विशेष रूप से सागर की जानकारी प्राप्त करने के लिए रचे गए । "ओशनसैट" श्रृंखला का द्वितीय उपग्रह "ओशनसैट-2" का प्रक्षेपण 2007 में किया गया ।



चित्र-10 ओशनसैट 2 सेटेलाइट चित्र-11 ओसीएम उपकरण

ओशन कलर (समुद्री रंग) फाइटोप्लैक्टॉन रंग द्रव्य की विविधता फाइटोप्लैक्टॉन की मात्रा की विविधता को



चित्र-12 ओशनसैट 2 सेटेलाइट धरती से इमेज प्राप्त कर रहा है ।

प्रगट करती है । यही सुदूर संवेदन द्वारा फाइटोप्लैक्टॉन के आंकलन का मूल आधार है । स्वच्छ जल और फाइटोप्लैक्टॉन मिश्रित वर्णक्रमीय (स्पेक्ट्रल) व्यवहार का अंतर फाइटोप्लैक्टॉन रंग द्रव्य की मात्रा का निर्धारण करने के लिए उत्तरदायी है ।

समुद्री आंकडें एकीकरण भू सूचना यंत्र हेतु केंद्र द्वारा कारावती लक्षद्वीप में स्थापित बुई ।

उपग्रह द्वारा प्राप्त आंकड़ों में समुद्री जल द्वारा परावर्तित प्रकाश या "वायुमण्डल के साथ-साथ"प्रभाव का मिश्रण हो जाता है। जल से आ रहे परावर्तित प्रकाश विकिरण को जानने के लिए वायुमण्डल के अंशदान को अलग करना पड़ता है इसके बाद जैव-प्रकाशकीय एल्गोरिदम (जो कि रंग द्रव्य की मात्रा और अलग-अलग स्पैक्ट्रम बैण्ड में प्राप्त विकिरण के प्रयोगाश्रित संबंध द्वारा स्थापित किए गए हैं ।) की सहायता से फाइटोप्लैक्टॉन रंगद्रव्य के स्थानिक और सामयिक मानचित्र तैयार किए जाते हैं ।

जैव-प्रकाशीय एल्गोरिदम

स= अ आर ब आई ज

स - क्लोरोफिल सांद्रता

आर- अनुपात (स्पेकट्रल बैण्ड - आई और ज में जल से आए हुए विकिरण का अनुपात)

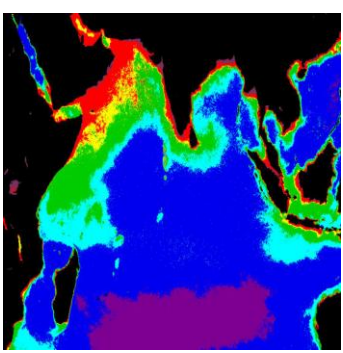
आई- अधिकतम अवशोषन स्पैक्ट्रल बैण्ड

ज - न्यूनतम अवशोषण स्पेक्ट्रल बैण्ड

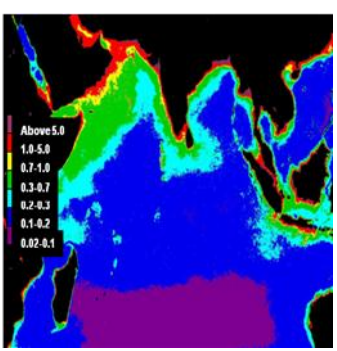
3.5 क्लोरफिल का मापन सामयिक मानचित्र

उपग्रह द्वारा प्राप्त चित्रों की सहायता से फाइटोप्लैक्टॉन रंग द्रव्य का मापन कर के स्थानिक और सामयिक

मानचित्र बनाए जाते हैं । अरब सागर और बंगाल की खाड़ी में फाइटोप्लैक्टॉन रंग द्रव्य में विविधता हैः जहाँ ऋतु के अनुसार परिवर्तन होते हैं । अगस्त में फाइटोप्लैक्टॉन की मात्रा बहुत अधिक होती है किंतु उस समय बादलों की उपस्थिति के कारण सूचना अधिकतर अनुपलब्ध हो जाती है । कुछ स्थानों पर प्रति वर्ष फाइटोप्लैक्टॉन की सान्द्रता में एक ही ऋतु में विशेष परिवर्तन नहीं होता है । इसके विपरीत किंचित जगहों पर तीव्र परिवर्तन देखा जाता है । अरब सागर और बंगाल की खाड़ी में औसत क्लोरोफिल (1977-2010) सितंबर से अप्रैल तक चित्र-13-20 में दर्शाया गया है ।



चित्र-13 सितंबर

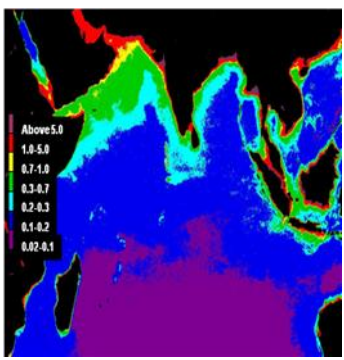


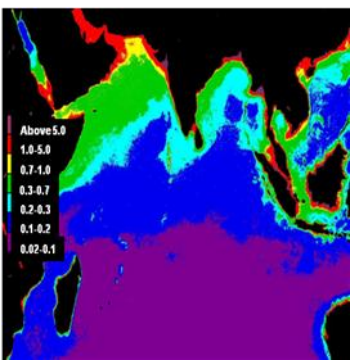
चित्र-14 अक्तूबर

क्लोरोफिल 1997 से 2010 औसत

भौतिक सामुद्रिक प्राचल जैसे समुद्री सतह का तापमान, विभिन्न गहराई पर तापमान (प्रोफाइल), वायु का गति

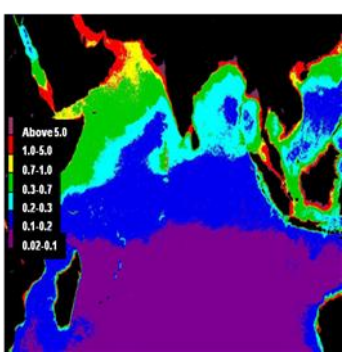
वेग एवं दिशा, मिश्रित सतह की गहराई (मिक्सड लेयर डोप) आदि (उपग्रह एवं अन्य स्रोत जैसे जलवायु मानचित्र, समुद्री अनुसंधान जहाज / बोट द्वारा एकत्रित आंकड़े) के साथ सहसंबंध का अनुभाग जैव संसाधनों की सामयिक उपलब्धि की जानकारी में सहायक होगा ।

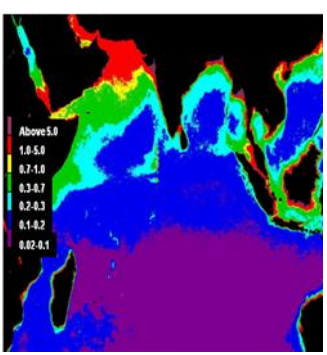




चित्र-15 नवंबर **चित्र-16 दिसम्बर**

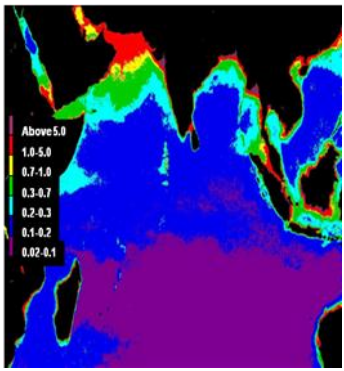
क्लोरोफिल 1997 से 2010 औसत

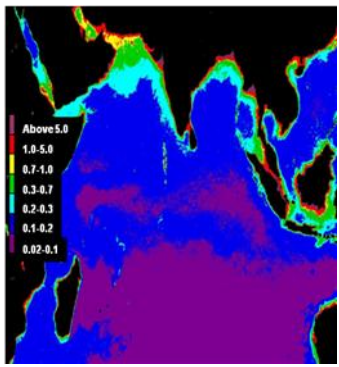




चित्र-17 जनवरी **चित्र-18 फरवरी**

क्लोरोफिल 1998 से 2010 औसत





चित्र-19 मार्च

चित्र- 20 अप्रैल

क्लोरोफिल 1998 से 2010 औसत

पोषण तत्वों की सुलभता के साथ प्रकाश की मात्रा और तापमान की विविधता प्राथमिक तथा द्वितीय स्तर पर जैव उत्पादन और मौसमी परिवर्तन के लिए जिम्मेदार है। अतः जिस विधि से पोषण तत्वों की सुलभता नियंत्रित होती है वे ही मौसमी परिवर्तन में प्रमुख भूमिका का निर्वाह करती है । फाइटोप्लैक्टॉन सागर में जैव भोजन श्रृंखला की पहली कड़ी है तथा कार्बन डायआक्साइड को क्लोरोफिल की उपस्थिति में

कार्बोहाइड्रेड में परिवर्तित कर के, अन्य जीवों के लिए भोजन उपलब्ध करने की महत्वपूर्ण भूमिका का दायित्व निभाते हैं । इसके अतिरिक्त जैव-भू-रासायनिक चक्र (Bio-geo-chemical cycle) में विशेष रूप से कार्बन डाय आक्साइड प्रवाह में, जो कि विश्व जलवायु (Global

Climate) का केन्द्रीय अवयव है इनका अत्यधिक महत्वपूर्ण स्थान है ।

समुद्री रंग समुद्री रंग मापन के उपग्रह संवेदक ओ.सी.एम. तथा सीविफ्स के स्पेक्ट्रम बैंड तालिका में दिए गए हैः

तालिका क्र. 1

ओ.सी.एम. ओशनसैट-1 तथा सीविफ्स के स्पैक्ट्रल बैण्ड

बैण्ड क्र.	केंद्र तरंग दैर्घ्य नैनोमीटर	तरंग बैण्ड चौड़ाई नैनो मीटर
1.	412	20
2.	443	20
3.	490	20
4.	510	20
5.	555	20
6.	670	20
7.	765	40
8.	865	40

(G/FOV) कि.मी. धरती पर विभेदन	स्वाथ दृश्य विस्तार कि.मी.	पुर्नअवलोकन
ओ.सी.एम 0.36	1420	2
सीविफ्स स्थानिक 1.1 वैश्विक 4.5	2801 1501	2
ओ.सी.एम. ओशन कलर मॉनीटर सीविफ्स - सी व्यूइंग वाइड फील्ड ऑफ व्यू सेंसर		

समुद्री सूचनाओं व आंकड़ों के बहुमुखी उपयोग है । देश की भौतिक, आर्थिक और प्राकृतिक स्थितियों पर सागर का प्रभाव पड़ता है ।

4 जलवायु परिवर्तन और फाइटोप्लैक्टॉन

भूमण्डलीय जलवायु परिवर्तन में फाइटोप्लैक्टॉन की भूमिका अभी भलीभांति स्पष्ट नहीं है - कार्बन चक्र एवं भूमण्डलीय जलवायु के संबंध को बेहतर समझने के लिए फाइटोप्लैक्टॉन और जलवायु परिवर्तन के बीच संबंध को समझना अत्यंत महत्वपूर्ण है । इसका कारण केवल विशुद्ध वैज्ञानिक दृष्टिकोण न हो कर वह है जो मानव कल्याण तथा अन्य जीवों पर इसका प्रभाव ।

इस संबंध में दो प्रमुख रूचिकर क्षेत्र है - समुद्री फाइटोप्लैक्टॉन में आने वाला बदलाव (प्राकृतिक अथवा कृत्रिम रीति से) एवं इस प्रकार का बदलाव समुद्री भोजन आपूर्ति को कैसे प्रभावित करता है । इन प्रश्नों का उत्तर पाने के लिए सर्वप्रथम (1) समुद्री की प्राथमिक पैदावार का अनुमान लगाना (2) यह अनुमान कितना शुद्ध है (3) पैदावार में कितनी अस्थिरता है (4) क्या हमें लम्बे समय के ट्रेण्ड पैटर्न दृष्टिगत होते हैं ।

लगभग एक दशक के वैश्विक समुद्री आंकड़ों की तुलना पृथ्वी की बदलती जलवायु से करने पर वैज्ञानिकों को यह पता चला कि जहाँ जहाँ जलवायु तापमान गर्म हुए वहां समुद्री वनस्पति जो कि सूक्ष्म फाइटोप्लैक्टॉन के रूप में उपस्थित थी, कम हुई । जहां जहां जलवायु तापमान ठण्डे हुए समुद्री वनस्पति जीवन अधिक ऊर्जावान और उपजाऊ हो गया ।

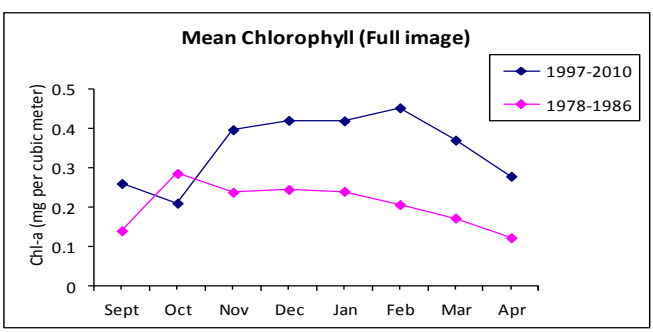
वायुमण्डल में बढते कार्बन-डाय-आक्साइड का स्तर भूमण्डलीय तापन में बड़ी भूमिका निभा रहा है ।

फाइटोप्लैक्टॉन इस पृथ्वी के बहुत ही सूक्ष्म जीवित प्राणी है लेकिन वे पूरे ग्रह की जलवायु को प्रभावित कर सकते हैं । वे सागर में सबसे व्यापक जीवन का रूप है वजन और संख्या दोनों की दृष्टि से एक लिटर समुद्री जल में लाखों बैक्टेरिया, हजारों फाइटोप्लैक्टॉन तथा सैकड़ों जूप्लेक्टॉन हो सकते हैं ।

ये नन्हें जीव हमारी जलवायु को कई तरह से प्रभावित करते हैं । ये प्रकाश को अवशोषित तथा विकिरण करते हैं, सागर की ऊपरी सतह का तापन करते हैं । वाष्पशील कार्बन पदार्थों का उत्पादन करते हैं जैसे कि डाइ-मिसाइल-सल्फाइड जो कि बादल बनने में सहायक होते हैं किंतु इनका सर्वाधिक महत्वपूर्ण योगदान कार्बन को सागर में गतिमान रखना है । यह एक इतने बड़े पैमान पर होता है जो कि वायुमण्डल के कार्बन डाय आक्साइड के स्तर को प्रभावित करता है । इस तरह से प्लेक्टॉन प्राकृतिक ग्रीन हाउस प्रभाव में हिस्सा लेते हैं । किसी को भी इस बारे में पूर्ण विश्वास नहीं है कि अतिरिक्त ग्रीनहाउस गैसों से होने वाले तापन से ये किस तरह प्रतिक्रिया करेंगे, ये कार्बन डाय आक्साइड को सहने योग्य सीमा में रखने में मदद कर सकते हैं - अथवा ये इसके उत्सर्जन के नियमन में सर्वश्रेष्ठ प्रयास कर सकते हैं ।

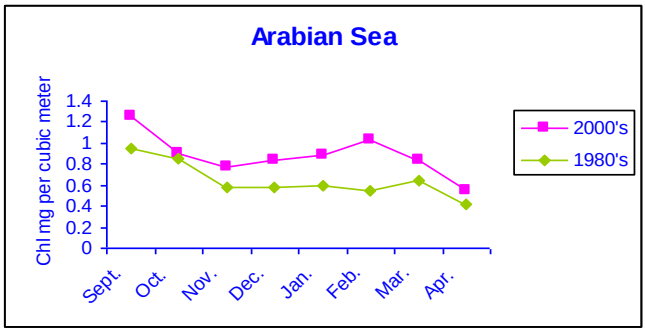
प्लेक्टॉन आज से करीब 500 मिलियन वर्ष पूर्व वायुमण्डल तथा रासायनिक आइसोटोप्स जो कि चट्टानों में स्थित थे के बीच एक नाजुक कड़ी प्रदान की ।

फाइटोप्लैक्टॉन की मात्रा का पता बहुधा कुल क्लोरोफिल सांद्रता से लगाया जाता है । इसकी वजह है क्लोरोफिल समुद्री प्राथमिक उत्पादन के वेरियेन्स को अधिकार रूप में परिभाषित कर देता है तथा प्रथम स्तर पर फाइटोप्लैक्टॉन की मात्रा में आए बदलाव का सूचनक है। हिन्द महासागर में क्लोरोफिल की मात्रा सितंबर से अप्रैल तक 1978-86 के दौरान (सी.ज़ेड. सी.एस) द्वारा प्राप्त डेटा तथा 1997-2010 सी. विफ्स द्वारा प्राप्त डेटा तुलनात्मक रूप से चित्र 21 में दर्शाई गई है ।

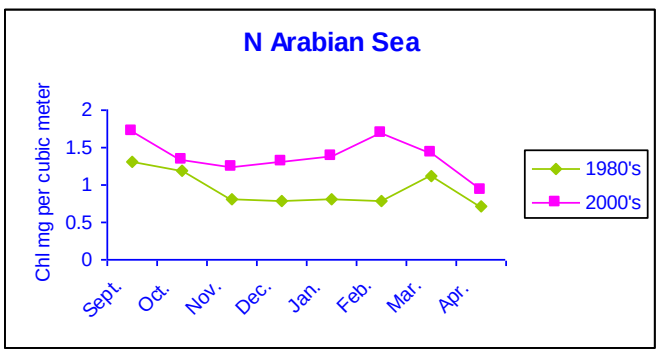


चित्र-21 हिंद सागर में क्लोरोफिल की मात्रा

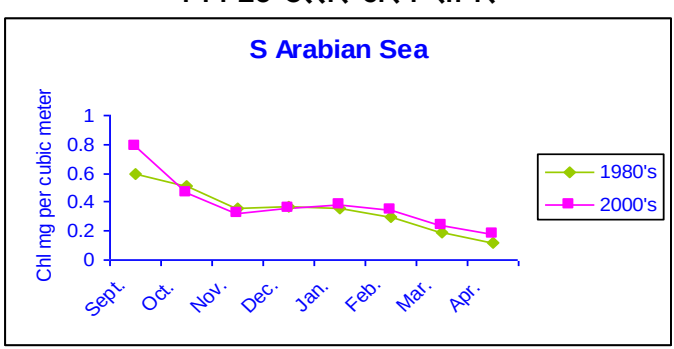
इसी प्रकार अरब सागर और बंगाल की खाड़ी में उत्तर तथा दक्षिण भाग में वितरण दर्शाया गया है (चित्र 22, 23, 24)



चित्र-22 अरब सागर



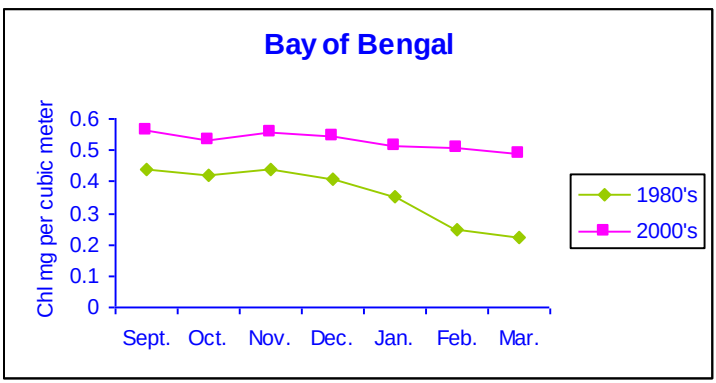
चित्र-23 उत्तर अरब सागर



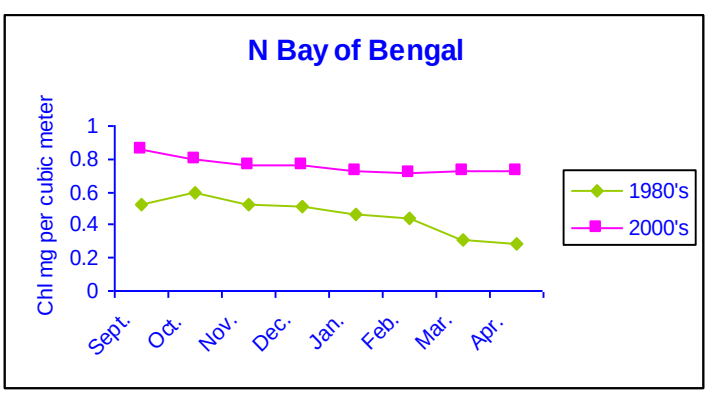
चित्र-24 दक्षिण अरब सागर

अरब सागर में औसत मासिक 1980 तथा 2000 के दशक के दौरान क्लोरोफिल की मात्रा

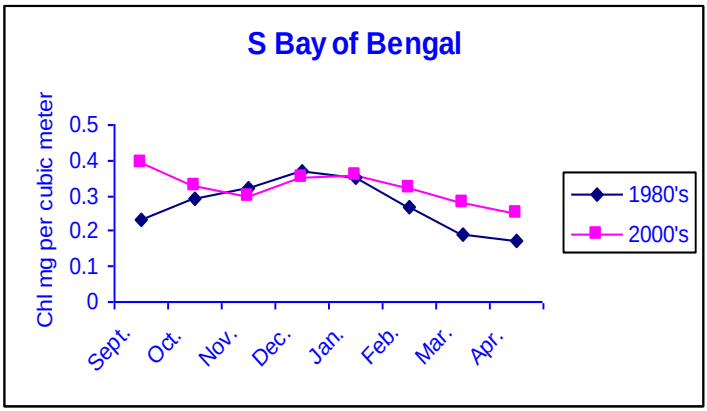
सागर केवल बहुमूल्य भोजन अथवा जैव भौतिक साधन के स्रोत ही नहीं है बल्कि यातायात मार्ग तथा मौसम तंत्र की जानकारी में अत्यंत महत्वपूर्ण और कार्बन डाय आक्साइड संचय के साथ ही पृथ्वी के जल संतुलन में महत्वपूर्ण कड़ी है ।



चित्र-25 बंगाल की खाड़ी



चित्र-26 उत्तरी बंगाल की खाड़ी



चित्र-27 दक्षिणी बंगाल की खाड़ी

बंगाल की खाड़ी में औसत मासिक 1980 तथा 2000 के दशक के दौरान क्लोरोफिल की मात्रा

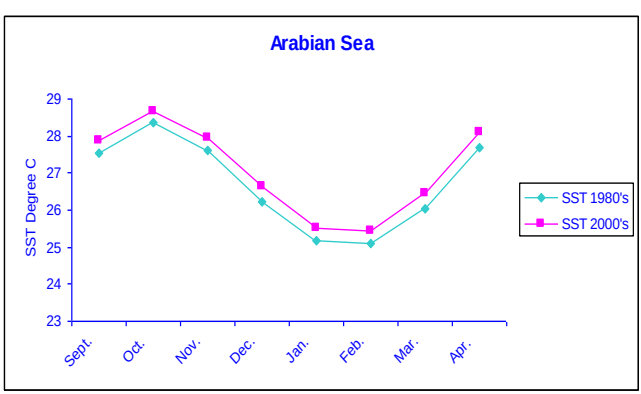
फाइटोप्लैक्टॉन वायुमण्डल तथा सागर परिस्तिथि तंत्र के नियमन में सहायक है । उनके महत्व को देखते हुए वैज्ञानिक विश्व में फाइटोप्लैक्टॉन की संख्या तथा वितरण का सूक्ष्म निरीक्षण करते हैं ।

किसी भी स्थिति में कारण और प्रभाव को अलग कर पाना अभी असंभव नहीं तो मुश्किल अवश्य है - यदि हम अनुमान लगाना चाहते हैं तो पहले अवयव प्रक्रिया को गहराई से समझना होगा ।

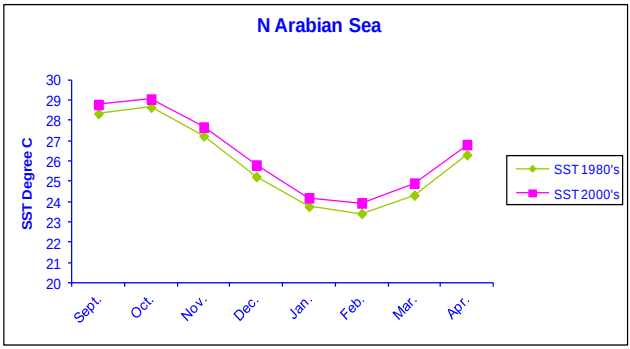
गर्म जल सामान्यतः सतह के निकट बहुत स्थिर रहता है, छोटे कोषीय आकार के फाइटोप्लैक्टॉन उपस्थित रहते हैं तथा पोषक तत्वों का पुर्नचक्रन अत्यंत निपुणतापूर्वक जैव पदार्थों के साथ ऊपरी सागर में होता है

परिणामस्वरूप तुलनात्मक रूप से कम कार्बन डाय आक्साइड गहराई में बैठती है ।

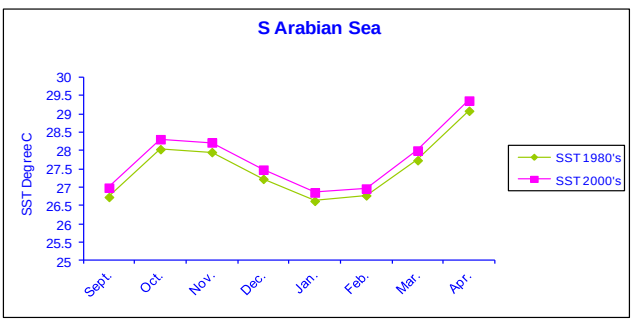
इसके विपरीत ठण्डे जल सागर में आसानी से मिश्रित हो जाते हैं विशेष रूप से ठण्ड में तथा पोषण तत्वों की भरपाई सतही जल में हो जाती है - फाइटोप्लैक्टॉन की उत्पादकता बसंत में सर्वाधिक होती है, जैसे प्रकाश में बढोतरी होती है, सतही जल गर्म हो कर स्थिर हो जाता है इसके पश्चात - ब्लूम के पश्चात मृत प्लेक्टॉन जल की गहराई में नीचे बैठ जाते हैं वे प्रक्रियाएं जो मृत कोशिकाओं को इकट्ठे होने में मदद करती हैं । वे इसके बैठने की गति में वृद्धि करती है । अरब सागर एवं बंगाल की खाड़ी में समुद्री सतह के तापमान का 1980 के तथा 2000 के दशक के दौरान अध्ययन किया गया उन्हें उत्तर, दक्षिण भाग में बांट कर भी अध्ययन किया गया (चित्र 28-33)



चित्र-28 अरब सागर

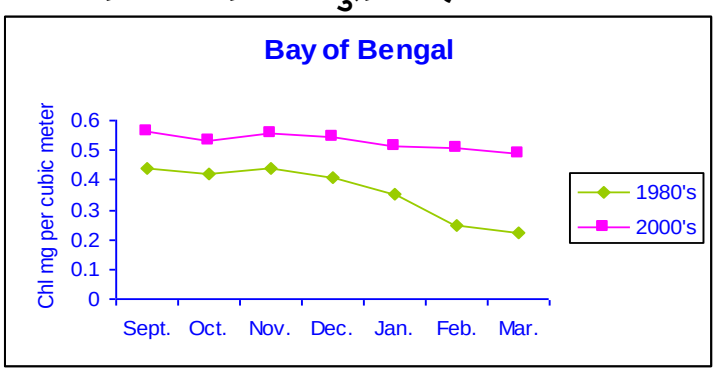


चित्र-29 उत्तर अरब सागर

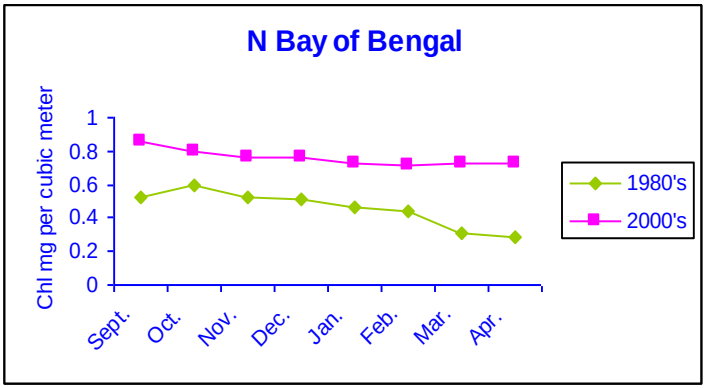


चित्र-30 दक्षिण अरब सागर

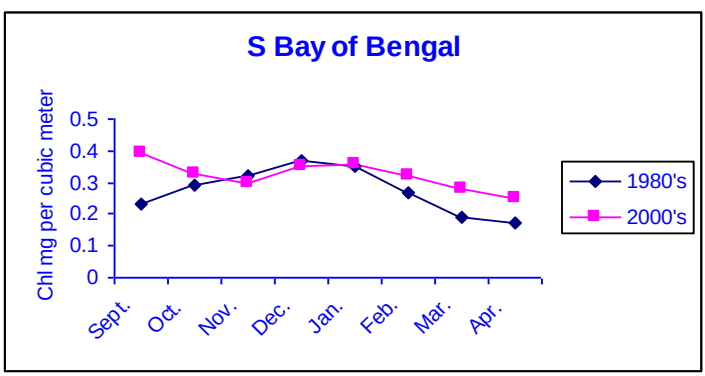
अरब सागर में औसत मासिक 1980 तथा 2000 के दशक के दौरान समुद्री सतह का तापमान



चित्र-31 बंगाल की खाड़ी



चित्र-32 उत्तरी बंगाल की खाड़ी



चित्र-33 दक्षिणी बंगाल की खाड़ी

बंगाल की खाड़ी में औसत मासिक 1980 तथा 2000 के दशक के दौरान समुद्री सतह का तापमान

4.1 कार्बन सारा कहां जाता है ?

फाइटोफ्लेक्टॉन कार्बन डाय आक्साइड स्तर को भरने के बाद भी प्रभावित करते हैं । फाइटोफ्लेक्टॉन भूमि के

पौधों की तरह पदार्थों से बने होते हैं - जिनमें कार्बन होता है मृत फाइटोप्लैक्टॉन का कार्बन शीघ्र ही सागर तल में गिरने वाले अन्य पदार्थों से ढक जाता है । इस तरह सागर एक सिंक की तरह व्यवहार करता है । एक ऐसी जगह जहां वैश्विक कार्बन का निपटान किया जा सकता है जो अन्यथा वायुमण्डल में कार्बन डाय आक्साइड के रूप में एकत्र हो जाता । दूसरी वैश्विक सिंक भूमि वनस्पति तथा मिट्टी है, लेकिन इन सिंक से कार्बन दोबारा वायुमण्डल में जल्द ही जलाने या विघटित होने में कार्बन डाय आक्साइड के रूप में आ मिलता है ।

अभी तक यह अनुमान नहीं लगाया जा सका कि कितना कार्बन सागर या धरती अवशोषित कर सकते हैं यह हम जानते हैं कि पृथ्वी का वातावरण वायुमण्डल में बढते कार्बन डायआक्साइड स्तर से किस प्रकार समायोजन करेगा । वैश्विक फआइटोप्लक्टॉन के वितरण और बदलाव को सागर के रंग तथा अन्य तरीकों से अध्ययन करने से यह समझने में सहायता मिलेगी ।

4.2 फाइटोप्लेक्टॉनः महत्वपूर्ण आंकड़े

(1) व्यासः एक माइक्रोमीटर से भी कम से लेकर 100 माइक्रोमीटर से अधिक
<1 µm ms >100 µm

(2) सांद्रताः एक हजार से लेकर दस लाख प्रति मि.मी.
1000 से 1,000,000 प्रति मिली मीटर

(3) वैश्विक जैवभागः धरती के पौधों का 1% से भी कम
<1% धरती पर पौधों की मात्रा

लेकिन जैवमण्डल के कुल प्रकाश संश्लेषण के करीब आधे के लिए उत्तरदायी

4.3 उपग्रह आंकड़ों का मछुवाही के लिए उपयोग

हिन्दी महासागर के मध्य में स्थित होने तथा लम्बी सागर तट रेखा की उपस्थिति के कारण भारत में समुद्री मत्स्य उद्योग के विकास की प्रबल संभावनाएं हैं । वर्तमान में कुल करीब 2.8-3.0 मिलियन टन मछलियां निकाले जाने की सूचना है जो कि हिन्द महासागर से निकाली जाने वाली मछलियों का करीब 40 प्रतिशत है । तथापि यह आंकड़े विश्व पैदावार की तुलना में बहुत ही कम हैं । वर्तमान में मछली उत्पादन देश में मुख्यतः तटीय जल (करीब 50 मीटर गहराई) तक ही सीमित है । व्यापारिक मछुवाही एक प्रतिस्पर्द्धात्मक तथा आर्थिक रूप से जोखिम भरा व्यवसाय है। यह आवश्यक है कि प्रति इकाई मछली प्राप्ति प्रयास को उन्नत किया जाए।

सागर तटीय मछुवाही उच्चतम स्तर पर पहुंच चुकी है । किन्तु 50 से 200 मीटर गहराई क्षेत्र, जहां कि बहुधा अविदोहित मछली संसाधन, टूना, शार्क इत्यादि हैं वहां से मछुवाही का अतिरिक्त उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है और इसकी संभावना लगभग 1.4 मिलियन टन है । हालांकि पिछले दो दशक में टूना मछली के उत्पादन में महत्वपूर्ण वृद्धि हुई है, लेकिन फिर भी भारत में टूना मछुवाही अभी भी अविदोहित अवस्था में ही है । प्राचलों तथा मछली व्यवहार के बीच कारण और प्रभाव का ज्ञान अत्यावश्यक है । संभावित मछुवाही क्षेत्र की सही भविष्यवाणी के लिए प्रारूप विकसित करने हेतु, विशेष प्रयास की आवश्यकता है ।

इस उद्देश्य के लिए निम्न पहलुओं की जानकारी आवश्यक हैः

1. फाइटोप्लैक्टॉन का मापन और उनके स्थानिक और कालिक वितरण का अध्ययन ।
2. अपवैलिंग तथा अन्य उच्च उत्पादकता क्षेत्र, जो मछली उत्पादन के लिए सर्वोत्तम हैं ।
3. सागर भौतिकी तथा बड़े पैमाने पर (बृहद) उत्पादकता रचना के बीच संबंध (पोषण तत्वों का नियंत्रण)
4. शैवाल पुंज की पहचान और वर्ष भर में उनकी गतिशीलता ।
5. सतही प्रकाशीय गुण, गहराई की प्रोफाइल, संचरण - रचना, वायुपथ इत्यादि ।

6. सागर की प्राथमिक उत्पादकता के आधार पर ऊपरी तह पर रहने वाली मछलियों की मात्रा का अनुमान।

सागर की सतह के तापमान की रचना और परिवर्तनात्मक स्थिति के साथ मछली उत्पादन के संबंध के अध्ययन से संकेत मिलता है कि नियत ताप क्षेत्र में मछलियों की मात्रा और समुद्री सतह की तापमान सीमा के बीच विपरीत संबंध है। यह देखा गया है कि अधिकतर असंभावित मछुवाही क्षेत्र की तुलना में संभावित मछुवाही क्षेत्र में ज्यादा मछली थी । अधिकांश संभावित मछुवाही क्षेत्र से करीब 20 से 30 प्रतिशत ज्यादा मछली उत्पादन का संकेत मिला ।

ताप अवरक्त (थर्मल इन्फ्रारेड) संवेदक (सेंसर) की प्रमुख समस्या यह है कि यह समुद्री सतह के तापमान का मापन केवल बादल विहीन वायुमंडल में ही करने में सक्षम है और सही अर्थ में यह समुद्री ऊपरी परत का ही तापमान है । यह संभव है कि ये माप, किसी सामान्य समुद्री स्थिति में ऊपरी मिश्रित तह की ताप स्थिति के परिचायक हों लेकिन कई महत्वपूर्ण मछली समूह थर्मोक्लाइन के नीचे रहते हैं, (डेमर्सल मछलियां) जहां की ताप रचना यह आवश्यक नहीं है कि सतह पर दिखाई दै । सीमाबद्धता के बावजूद संभावित मछुवाही क्षेत्र (पी एफ जेड) जानकारी का उपयोग विशेष रूप से अपर्याप्त (लीन) गहतु में करीब 25 प्रतिशत मछुवारों द्वारा किया जाना स्पष्ट रूप से इसकी उपयोगिता का प्रतिबिंबित करता है ।

समुद्री वर्ण आधारित भावी योजना

समुद्री वर्ण अध्ययन में उपग्रही सुदूर संवेदन तकनीक की उपयोगिता को पिछले दशक से काफी बल मिला है । निष्क्रिय रेडियोमेट्री के विद्युत चुम्बकीय वर्णक्रम (स्पैक्ट्रम) के दृश्यमान और निकट अवरक्ती (नियर इन्फ्रारेड) क्षेत्र का उपयोग समुद्री रंग की विविधता का निर्धारण करने में उल्लेखनीय सफलता के साथ किया गया है । फाइटोल्पेक्टॉन रंग द्रव्य मुख्य रूप से क्लोरोफिल ए तथा अन्य घटकों को विभिन्न स्तर, सागर को रंग प्रदान करती है जो कि नीलाभ हरे से लेकर गहरा हरा या भूरा तक हो सकता है । अतः उपग्रह आधारित अवलोकन तंत्र जिसमें दृश्यमान क्षेत्र में संकीर्ण स्पैक्ट्रल बैण्ड हों, समुद्री सहायक उत्पादकता को बेहतर गहराई से समझने में हमारे सहायक होंगे । यह समुद्री उत्पादकता के वायुमण्डल से कार्बन डायआक्साइड अवशोषन करने की भूमिका की हमारी समझ को भी बेहतर बनाएंगे ।

पहली बार सागर की सतह के रंग को सुदूर संवेदन द्वारा मापने के प्रयत्न कोस्टल जोन कलर स्कैनर (सी जेड सी एस) की सहायता से किए गए, जिसका प्रक्षेपण सन् 1978 में NASA / NOAA द्वारा किया गया । सी जेड सी एस से पादपप्लवक रंगद्रव्य के मानचित्रण तथा प्राथमिक उत्पादन के आकलन के लिए आंकड़े उपलब्ध हुए । हालांकि वायुमण्डलीय संशोधन में सीमाबद्धता के कारण क्लोरोफिल पता लगाने में करीब-करीब 65 प्रतिशत त्रुटि होने की संभावना रहती है (एनॉन, 1997) । एक लम्बे अन्तराल के बाद, सन् 1995 में

भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह (आई आर एस पी)-3 मॉस-बी का प्रक्षेण किया जिसमें (3 संकीर्ण) (10 नैनोमीटर) बैण्ड, दृश्य एवं करीब अवरक्त स्पैक्ट्रल क्षेत्र में हैं । इसमें लगभग 500 मीटर स्थानिक विभेदन (स्पैशल रिजोल्यूशन) तथा 16 बिट रेडियोमेट्रिक विभेदन क्षमता है । इन आदर्श विशिष्टताओं ने विभिन्न घटकों जैसे क्लोरोफिल, निलम्बित सेडिमेण्ट्स, अटेन्यएशन गहराई आदि को बेहतर शुद्धता के साथ निकालने में सहायता की (चौहान एवं अन्य, 1999, द्विवेदी एवं अन्य, 1998) । क्लोरोफिल निकालने की त्रुटि करीब 35 प्रतिशत थी । निम्नकालिक विभेदन (24 दिन) होने के कारण आंकड़े का उपयोग परिचालन उद्देश्य के लिए नहीं किया जा सका । सी विफ्स वर्तमान में समुद्री रंग के आंकड़े विश्व स्तर पर उपलब्ध करा रहा है ।

इन दिनों समेकित मछुवाही भविष्यवाणी प्रदान करने की दिशा में प्रयास किए जा रहे हैं । आगामी वर्षों में सागर के विभिन्न लक्षणों के लिए उपयुक्त संवेदकों की उपलब्धता की संभावना है । ओशन कलर मॉनिटर (ओसीएम) जिसका प्रक्षेपण 26 मई, 1999 को भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह (आई आर एस) पी-4 (ओशनसैट-1) के आंकड़ों का उपयोग क्लोरोफिल सूचना को समुद्री सतह के तापमान की सूचना के साथ समेकित करके और फिर उसका प्रारूप विकसित करके, मछलियों की संभावित उपलब्धता को ज्यादा शुद्धता के साथ, मछुवाही भविष्यवाणी द्वारा बताने की दिशा में पहला प्रयास किया गया है । अक्तूबर 1999 से प्रायोगिक मछुवाही भविष्यवाणी, ओशनसैट (ओसीएम) आंकड़ों का उपयोग कर के

दो क्षेत्रों सौराष्ट्र तट और केरल तट के लिए की जा रही है । प्रारंभिक परिणाम काफी उत्साहवर्द्धक हैं । ओसीएम आंकड़ों का उपयोग कर के अनन्य आर्थिक क्षेत्र (ई ई जेड) की मछलियों की मात्रा का आंकलन करने की योजना है । इसके अतिरिक्त ओ सी एम आंकड़ों की उपयोगिता समुद्री जीवपालन (सी रैंचिंग) तथा जल कृषि स्थल निर्धारण में भी है ।

पृष्ठ सूचना क्रांति के इस युग में समुद्री सूचनाओं व आंकड़ों का अत्यन्त महत्व है । पारंपरिक सूचनाओं की तुलना में समुद्री सूचनाओं की प्राप्ति बहुत मुश्किल एवं महंगी है । दूसरी ओर समुद्री स्थिति जटिल होने से यह

कठिन भी है । पृथ्वी का लगभग 70% भाग सागर से घिरा है । समुद्री संस्थानों की अपार प्रचुरता को देखते हुए सागर से जुड़ी व जानकारी अपेक्षित मात्रा में उपलब्ध नहीं है । समुद्री क्षेत्र में अभी तक जो भी उपलब्धियां हासिल की गई है वे सभी सूचनाओं से ही संभव हुई है इसलिए इस दिशा में अभी भी अपार संभावनाएं बाकी है और इनका उपयोग सामाजिक हित में करना हर दृष्टि से आवश्यक है ।

5.0 जलवायु परिवर्तन में सागर की भूमिका

वायुमण्डलीय कार्बन डॉयआक्साइड मात्रा का सागर द्वारा नियमन ही पाद्प इकोलॉजी तथा जलवायु परिवर्तन के अध्ययन की कड़ी है ।

5.1 पाद्प इकोलॉजी की जलवायु परिवर्तन अनुसंधान में भूमिका -

आखिर जलवायु है क्या ? पारंपरिक रूप से जलवायु की परिभाषा औसत मौसम तापमान, वर्षा, मेघाच्छादन तथआ किस प्रकार ये निम्न कारक वर्ष भर में बदलाव प्रदर्शित करते हैं मानी जाती है । अब पृथ्वी तंत्र विज्ञान (अर्थ सिस्टम साइंस) के अनुसार काफी व्यापक परिभाषा दी गई है । "अधिकतर लोगों के लिए "जलवायु" शब्द लम्बे समय की मौसम सांख्यिकी ही है । हालांकि ज्यादा व्यापक और ज्यादा शुद्ध "जलवायु" की परिभाषा होगी" एक तंत्र जिसमें वायुमण्डल, जलमण्डल, स्थलमण्डल तथआ जैवमण्डल सम्मिलित हैं, भौतिक रासायनिक तथा जैविक प्रक्रियाएं जलवायु तंत्र के अवयवों से पारस्परिक क्रियाकलाप का अंग है। वनस्पति, मृदा तमी (सॉइल मॉइस्चर) तथा हिमनद (ग्लेशियर) जलवायु का उतना ही महत्वपूर्ण हिस्सा हैं जितना कि तापमान और वर्षा ।

5.2 सागर और जलवायु परिवर्तन

सागर तथा जलवायु गहरे तौर पर एक दूसरे से गुंथे हुए हैं तथा सागर जलवायु परिवर्तन के नियमन में आधारभूत भूमिका निभाते हैं । जिसका आधार है - प्रमुख रूप से ऊष्मा तथा कार्बन के लिए सिंक की भूमिका निभाना । सागर जलवायु नियमन में मूल भूमिका, बढते हुए ग्रीनहाउस गैस के स्तर को बफर क्रिया द्वारा उदासीन कर, बढते हुए वैश्विक तापमान को नियंत्रित कर के निभाते हैं ।

सागर कार्बन डॉय ऑक्साइड का प्रमुख भंडार भी हैं, और अनुमान है करीब 40% जनित कार्बन डॉय आक्साइड वायुमण्डल से औद्योगिक क्रांति के प्रारंभ से लेते हैं ।

समुद्री सतह के तापमान में वृद्धि तथा बदलते हुए प्लैक्टॉनिक सिस्टम तथा सागर प्रवाह भविष्य में सागर द्वारा कार्बन डॉय ऑक्साइड अवशोषन में गिरावट ला सकते हैं ।

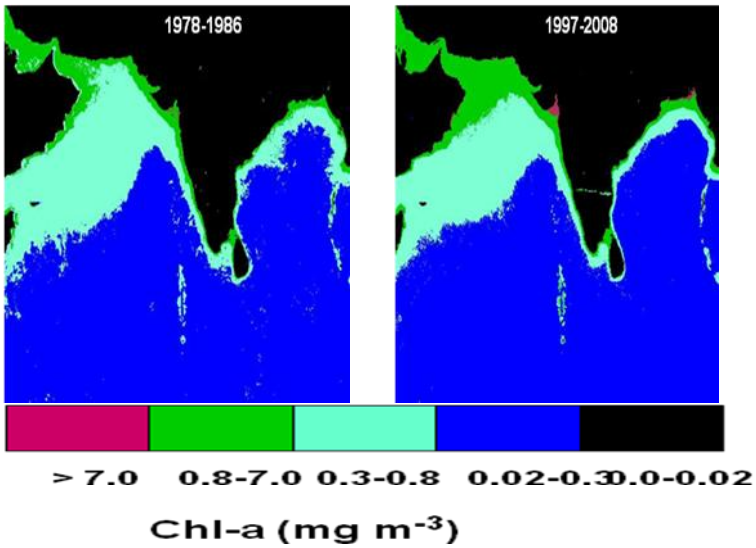
5.3 सागर तथा कार्बन चक्रः

सागर जलवायु परिवर्तन में मूल भूमिका कार्बन चक्र के द्वारा प्रदर्शित करते हैं । कार्बन चक्र में मुख्य चालक जीवमण्डल है जो कि पूर्ण रूप से हरे पौधों, शैवाल (एल्गी) तथा कुछ बैक्टेरिया जो प्रकाश संश्लेषन द्वारा अपना भोजन बनाने में

सक्षम हैं पर निर्भर है । इसी कारण इन्हें प्राथमिक उत्पादक कहा जाता है ।

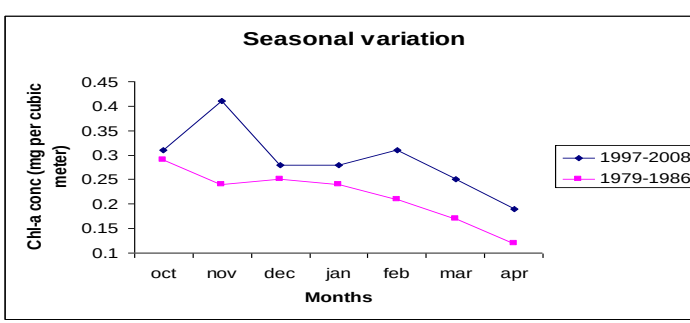
प्रकाश संश्लेषन द्वारा कार्बन डाय आक्साइड की ली गई मात्रा तथा श्वसन द्वारा पुनः वायुमण्डल में छोडी गई मात्रा भूगर्भ कार्बन चक्र में कार्बन के फ्लेज में 1000 गुणा अधिक होती है ।

सागर के जीवन के हरे फ्यूज - फाइटोप्लैक्टॉन - हालांकि पृथ्वी के कुल जैवमात्रा के केवल 0.2 प्रतिशत होने के बावजूद फाइटोप्लैक्टॉन पृथ्वी के कुल उत्पादन के करीब 50% हिस्से के लिए जिम्मेदार हैं जो कि इनके अत्यधिक तीव्र विकास, वृद्धि के कारण संभव है, क्लोरोफिल की मासिक औसत मात्रा आधारित क्षेत्रीकरण चित्र 1978-86 तथा 1997-2010 दर्शाता है कि अधिक सांद्रता वाले क्लोरोफिल क्षेत्र में वृद्धि हुई है । (चित्र-34) साथ ही चित्र (चित्र 35-36) उत्तर हिंद सागर में क्लोरोफिल की मात्रा में दो दशकों से बदलाव दिखाता है । सागर तथा सागर जीवन वायुमण्डल में कार्बन डायआक्साइड की मात्रा का नियमन कर के पृथ्वी के कार्बन चक्र में प्रभुत्व स्थापित करते हैं ।

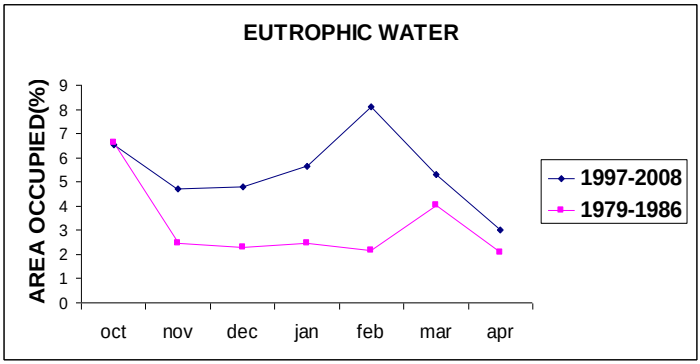


(अ) (ब)

चित्र-34 क्लोरोफिल की मासिक औसत मात्रा आधारित क्षेत्रीकरण चित्र (अ) 1978 से 1986 तथा (ब) 1997 से 2010



चित्र-35 दो दशकों में क्लोरोफिल की मात्रा में मौसमी परिवर्तन



चित्र- 36 दो दशकों में अधिक क्लोरोफिलवाले क्षेत्र में परिवर्तन

5.4 जलवायु परिवर्तन के सागर पर प्रभावः

(1) गर्म सागरः सागर ने पृथ्वी द्वारा जलवायु परिवर्तन के कारण विकसित ऊष्मा के 80% का अवशोषण किया है ।

सागर का जल गर्म होने से कोरल का रंग पीला पड़ने लगता है (ब्लीचिंग) जिसका असर संपूर्ण कोरल तंत्र पर नकारात्मक होता है ।

कई प्रजातियों को उचित तापमान अवस्था की खोज में स्थान बदलना पड़ता है ताकि भोजन और प्रजनन संभव हो सकें ।

ध्रुवों पर पिघलावः ग्रीनहाउस गैस की बढोतरी के कारण वायुमण्डल तापन बढ जाने में ध्रुवीय बर्फ का पिघलाव होता है ।

ध्रुवीय समुद्री पर्यावरण में शैवाल (एलगी) का उत्पादन समुद्री बर्फ की उपस्थिति पर निर्भर करता है । जैसे समुद्री बर्फ कम होती है शैवाल (एल्गी) में भी कमी आती है फिर कॉड कम होती है इस तरह पूर्व भोजन श्रृंखला पर अवांछनीय प्रभाव होता है ।

बर्फ के कम हो जाने से सील के प्रायाधार आवास में हानि होती है जो कि ध्रुवीय भालू, पेंगुइन, मिंकी व्हेल्स तथा अन्य आर्कटिक एवं अन्टार्कटिक के प्राणियों पर भी लागू होता है । समुद्री बर्फ अन्टार्कटिक क्रिल का अत्यंत नाजुक आवास है । दक्षिण सागर में बहुत से समुद्री पक्षी तथा स्तनपक्षियों का यह भोजन है । हाल के वर्षों में जैसे समुद्री बर्फ में कमी आई है, अंटार्कटिक क्रिल की संख्या में भी कमी आई है जिसके फलस्वरूप इस पर भोजन के लिए निर्भर रहने वाली प्रजातियों में भी कमी आई है । आर्कटिक कॉड मछली पर समुद्री बर्फ की कमी का प्रभाव मछुवारों के जीविकापार्जन तथा ग्राहकों को कॉड की उपलब्धता पर देखा गया है ।

सागर की सतह में बढ़ोतरीः जैसे सागर का जल गर्म होता है वह फैलता है और जलस्तर ऊपर उठता है । हालांकि विश्व की केवल 2% जमीन समुद्री सतह अथवा 10 मीटर से कम ऊँचाई पर स्थित है । इन क्षेत्रों में विश्व की 10% आबादी

निवास करती है । करीब 634 मिलियन व्यक्तियों को सागर के स्तर के बढने का सीधा खतरा है ।

सागर के प्रमुख प्रवाह (करेंट) नंग में परिवर्तनः सागर के तापमान और वायु पैर्टन में परिवर्तन जो कि समग्र जलवायु परिवर्तन का परिणाम है - वह समुद्री प्रवाह (करेंट) को भी प्रभावित कर के परिवर्तित करेगा ।

समुद्री प्रवाह (करेंट) पृथ्वी की जलवायु को कायम रखने में अहम भूमिका निभाते हैं । समुद्री प्रवाह (करेंट) में परिवर्तन विश्वव्यापी प्रभाव दर्शाएगा । जैसे कि वर्षा में परिवर्तन, कहीं ज्यादा और किसी स्थान पर कम वर्षा, साथ ही वायु तापमान पर भी प्रभाव होगा । इन परिवर्तनों का मानव सहित अनेक प्रजातियों पर दुष्प्रभाव होगा । भूमि के तापमान में भी परिवर्तन होंगेः
सागर का अमलीकरणः वहीं ईंधन जो जलने से वायुमण्डल में ग्रीनहाउस गैस के स्तर को बढाते हैं वे समुद्री जल की रासायनिक संरचना को भी प्रभावित कर के अधिक अम्लीय बना देते हैं ।
अम्लीयता के कारण कई समुद्री पौधों को तथा वे जन्तु जो कैल्शियम कार्बोनेट से अपने शैल बनाते हैं उन्हें हानि पहुंचती है । इनमें कई ट्रापिकल कोरल रीफ, ठण्डे पानी के कोरल मॉलस्क तथा दूसरे क्रस्टेशियन जैसे लोबोस्टर, क्रैब तथा कुछ सूक्ष्मदर्शी पौधे भी शामिल हैं ।

कई शैल बनाने वाले जीव दूसरे जीवों को नाजुक आवास तथा भोजन प्रदान करते हैं, प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से समुद्री भोजन उपलब्धता को प्रभावित करते हैं ।

5.5 जलवायु परिवर्तन में सागर की भूमिका

मानव के पृथ्वी पर अस्तित्व के लिए जल मूलभूत आवश्यकता है । ग्रह के जल का करीब नौवां भाग जल सागर में स्थित है और करीब तीन भाग पृथ्वी की सतह को आच्छादित करता है । सागर प्रवाह (करेंट) भारी मात्रा में ऊष्मा तथा जल भूमण्डल में प्रतिस्थापित करता है ।

वायुमण्डल से ऊष्मा तथा जल के विनिमय द्वारा, वायुमण्डल वाष्पन तथा वर्षा द्वारा, सागर दिन प्रतिदिन के मौसम तथा लम्बे समय की विश्व जलवायु दशकों तथा शताब्दियों आधारित दोनों को ही प्रभावित करता है । सागर कार्बन डॉयआक्साइड का अवशोषण तथा वायुमण्डल में उत्सर्जन द्वारा भी जलवायु को प्रभावित करता है ।

पृथ्वी हमारे ईंधन के उपयोग (जैसे कि तेल और कोयला) के कारण गर्म हो रही है और साथ ही ज्यादा कार्बन डाय आक्साइड वायुमण्डल में आने से ग्रीनहाउस असर बढ रहा है यदि सागर न होते तो ग्रह अब तक कई गुना ज्यादा गर्म हो जाता है । किंतु जल की ऊष्मा को अवशोषित करने की क्षमता वायु से कहीं बेहतर होने का अर्थ है कि कहीं अधिक अतिरिक्त ऊष्मा सागर में चली जाती है। सागर की ऊपरी सतह के 3 मीटर में वायुमण्डल के बराबर ऊष्मा की मात्रा होती है । और जैसा कि औसतन सागर करीब 4 कि.मी. गहरे होते हैं - अतिरिक्त ऊष्मा के अवशोषण का असर उनके तापमान के बदलाव में मापा जा सकता है । सागर, संचार के

कारण ऊष्मा का पुनः वितरण होता है और इसमें से कुछ वायुमण्डल को गर्म करने के लिए लौटा दी जाती है । यह भूमण्डलीय जलवायु को दोनों ही प्रकार से, तापमान में परिवर्तन तथा वर्षा के पैटर्न द्वारा प्रभावित करता है ।

अतः यह स्पष्ट है कि सागर की जलवायु परिवर्तन में अत्यंत महत्वपूर्ण एवं मूलभूत भूमिका है ।

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद - 380 015, भारत
WWW.ISRO.GOV.IN

ISBN 978-93-82760-07-8