हिन्द महासागर में पिछले 135,000 वर्षों में समुद्री तापमान में हुए परिवर्तनों का आंकिक अध्ययन

डॉ. राजीव सारस्वत, वैज्ञानिक 'सी' एवं
डॉ. राजीव निगम, वैज्ञानिक 'जी'

सूक्ष्मजीवाश्म विज्ञान प्रयोगशाला,
राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, दोना पोला, गोवा–403004

पिछले कुछ दशकों में पृथ्वी के विभिन्न क्षेत्रों की जलवायु में काफी परिवर्तन आये हैं। इन जलवायु परिवर्तन का मुख्य कारण मानवीय गतिविधियों द्वारा पृथ्वी के वायुमंडल में ग्रीन हाउस गैसों की मात्रा में वृद्धि होना बताया जाता है। लेकिन इस विषय पर वैज्ञानिकों में मतभेद है, विशेष रूप से यह कि मानवीय गतिविधयों के योगदान को लेकर इसके लिए आवश्यक है कि पुराने समय में हुए जलवायु परिर्वतनों का अध्ययन करके उन जलवायु परिर्वतनों के कारणों का पता लगाया जाए। पुराजलवायु परिर्वतनों का अध्ययन बहुत सी विधियों द्वारा किया जा सकता है, इन विधियों में समुद्र में पाये जाने वाले सूक्ष्मजीवों (फोरामिनिफेरा) की संख्या, संरचना, उनके कंकाल में आए रासायनिक बदलाव इत्यादि बहुत उपयोगी हैं। इन सूक्ष्मजीवों के कंकाल में आए रासायनिक परिर्वतनों का उपयोग करके पुराने समय में समुद्री जल के तापमान का मात्रात्मक अध्ययन किया जा सकता है।

इसी विधि का उपयोग करके, हिंद महासागर के भूमध्य रेखा के पास वाले क्षेत्र से पिछले लगभग 150,000 वर्षों के समुद्री सतह के तापमान का पता लगाया गया है। पिछले लगभग 150,000 वर्ष के समुद्री सतह के तापमान के अध्ययन से पता चलता है कि इस क्षेत्र में समुद्री सतह का तापमान पिछले उच्चतम हिमकाल में लगभग 2 डिग्री सेल्शियस कम था।

इसके अलावा, पिछले हिमकाल में समुद्री सतह का तापमान, तीन और समय पर इतना ही कम था। इस अध्ययन की सबसे महत्वपूर्ण खोज यह है कि आज से लगभग 123,000 वर्ष पहले, समुद्री सतह का तापमान वर्तमान समय से लगभग 1 डिग्री सेल्शियस ज्यादा था। इस अध्ययन से विश्व की जलवायु के निर्धारण में इस क्षेत्र की भूमिका का पता चलता है।

प्रस्तावना

भविष्य के प्रति लगभग हम सभी लोग चिंतित रहते हैं। जहां बच्चों को चिंता रहती है उनकी परीक्षाओं और परीक्षाओं में अच्छे अंको की, तो कुछ बड़े बच्चे डॉक्टरी या इंजीनियरिंग में प्रवेश को लेकर चिंतित रहते हैं। कुछ को चिंता है शादी की तो शादीशुदा लोगों को चिंता है गाड़ी, बंगला, घर, गृहस्थी के सामान इत्यादि की। कुल मिलाकर देखा जाये तो हम सभी किसी न किसी विषय को लेकर अपने भविष्य के बारे में चिंतित हैं। हालांकि जहां एक और ये सभी विषय व्यक्तिगत रूप से लोगों के भविष्य को प्रभावित करते हैं, वहीं दूसरी ओर कुछ अन्य कारणों पर बहुत सारे लोगों का भविष्य निर्भर करता है। उदाहरण के तौर पर किसी क्षेत्र में नये कलकारखानों की स्थापना पर उस क्षेत्र के बहुत सारे लोगों का भविष्य निर्भर करता है। लेकिन इससे भी मात्र उसी क्षेत्र के लोगों का भविष्य जुड़ा होता है और यह बस उन्हीं के लिये चिंता का विषय होता है। थोड़े और बड़े स्तर पर देखा जाये तो हम सभी अर्थात मानवों का भविष्य पृथ्वी के भविष्य से जुड़ा है। पर यह तो चिंता का विषय नहीं लगता क्योंकि पृथ्वी के भविष्य के बारे में चिंता करने का कोई कारण प्रत्यक्ष रूप से दिखाई नहीं देता। इसकी वजह शायद यह है कि पृथ्वी आम लोगों कि दृष्टि में बहुत स्थिर है, लेकिन ऐसा नहीं है। पृथ्वी बहुत चलायमान है। इस पर अनेकानेक परिवर्तन लगातार होते रहते हैं। इन परिवर्तनों में से एक है निरंतर होते जलवायु परिवर्तन जिन पर संपूर्ण मनुष्य जाति का भविष्य निर्भर करता है। इसी कारणवश संसार

भर में वैज्ञानिकों कि एक बहुत बड़ी संख्या पृथ्वी पर होने वाले जलवायु परिवर्तनों को लेकर चिंतित हैं। ये वैज्ञानिक इन जलवायु परिवर्तनों को समझने की निरंतर कोशिश करते रहते हैं।

पृथ्वी पर निरंतर होते जलवायु परिवर्तनों का प्रभाव लगभग सभी लोगों पर पड़ता है। अचानक हुई भंयकर बारिश, बाढ़, सूखा आदि से करोड़ों लोग प्रभावित होते हैं। इसके कारण जान माल की क्षति भी होती है। इन सब का समाधान क्या है? क्यों न इन जलवायु परिवर्तनों को रोक दिया जाए? लेकिन यदि हम जलवायु परिवर्तन के मानव जनित कारणों को हटा भी दें तो भी प्राकृतिक रूप से भी जलवायु परिवर्तन होना निश्चित है। ऐसी स्थिति में बस एक ही उपाय समझ में आता है। क्यों न भविष्य में होने वाले इन जलवायु परिवर्तनों का पता पहले से ही लगा लिया जाये? इस दिशा में वैज्ञानिक निरंतर प्रयासरत हैं।

भविष्य में होने वाले जलवायु परिवर्तनों का पता लगाने के लिये मॉडल तैयार किये जाते हैं। इन मॉडलों को तैयार करने के लिये जलवायु को प्रभावित करने वाले सभी कारकों के विषय में जानकारी की आवश्यकता होती है। इन कारकों की जानकारी से भी आवश्यक है कि किसी एक कारक की मात्रा में आये परिवर्तन के कारण अन्य कारकों में आने वाले परिवर्तनों की जानकारी होना। अन्य शब्दों में कहा जाये तो इन मॉडलों को तैयार करने के लिये जलवायु परिवर्तन के लिये उत्तरदायी विभिन्न कारकों के पारस्परिक संबंध की जानकारी होना आवश्यक है। जलवायु परिवर्तन के इन विभिन्न कारकों के पारस्परिक संबंधों के आधार पर मॉडलों का विकास किया जाता है। एक बार विकसित होने के पश्चात्, किसी एक कारक की मात्रा में भविष्य में आने वाले परिवर्तन के आधार पर इन मॉडलों के सहयोग से आने वाले समय में होने वाले जलवायु परिवर्तनों का पता लगाया जाता है। लेकिन कभी–कभी इन मॉडलों द्वारा ज्ञात, भविष्य में होने वाले जलवायु परिवर्तनों की मात्रा पिछले कुछ वर्षों में हुए परिवर्तनों की तुलना में बहुत अधिक एवं अकल्पनीय लगती है।

ऐसी स्थिति में इन मॉडलों की प्रामाणिकता को जांचने की आवश्यकता होती है। इस कार्य के लिये दीर्घकालीन पुरा जलवायु परिवर्तनों अर्थात पुरातन काल में हुए जलवायु परिवर्तनों की जानकारी की आवश्यकता होती है। यदि मॉडल इन जलवायु परिवर्तनों की सही जानकारी दे देते हैं तो इससे मॉडलों की प्रामाणिकता सिद्ध हो जाती है। इसके अतिरिक्त पुरा जलवायु परिवर्तनों के अध्ययन से जलवायु को प्रभावित करने वाले विभिन्न कारकों में पारस्परिक संबंध का भी पता चलता है। इन कारणों से पृथ्वी पर पुरातन काल में हुए जलवायु परिवर्तनों का अध्ययन अत्यंत आवश्यक है।

पिछले लगभग 150 वर्षों में हुए जलवायु परिवर्तनों एवं इनके कारणों का लेखा जोखा उपलब्ध है। लेकिन यह पर्याप्त नहीं है। इसके लिए 150 वर्षों से पहले हुए जलवायु परिवर्तनों की जानकारी होना भी अत्यंत आवश्यक है। इन दीर्घकालीन जलवायु परिवर्तनों का कोई लिखित लेखा जोखा न होने के कारण इनका पता लगाने के लिए अप्रत्यक्ष विधियों का प्रयोग किया जाता है। दीर्घकालीन जलवायु परिवर्तनों का पता लगाने की अप्रत्यक्ष विधियों में किसी बेसिन में वर्ष दर वर्ष एकत्रित होने वाले अवसादों की मात्रा एवं प्रकार में आने वाले परिवर्तन एवं पुरातन काल में निवास करने वाले जीव–जन्तुओं के अवशेषों में बदलाव इत्यादि शामिल हैं। लेकिन इन विधियों के उपयोग से जलवायु में गुणात्मक परिवर्तनों का पता चलता है। हांलाकि यह जानकारी भी अत्यंत उपयोगी है लेकिन मॉडलों के विकास के लिए जलवायु के विभिन्न कारकों में हुए मात्रात्मक परिर्वतनों की जानकारी की आवश्यकता होती है। इसके लिए समुद्री सूक्ष्मजीव फोरामिनिफेरा के अवशेषों में आये रासायनिक परिवर्तनों का उपयोग किया जाता है। ऐसी ही एक विधि है इन सूक्ष्मजीवाश्मों के कंकाल का Mg/Ca अनुपात जिसके द्वारा समुद्र के सतही पानी के तापमान का पता लगाया जा सकता है। समुद्री तापमान के बढ़ने पर फोरामिनिफेरा

का Mg/Ca बढ़ जाता है एवं कम होने पर यह अनुपात घट जाता है। प्रस्तुत लेख में इसी विधि का उपयोग कर हिन्द महासागर के भूमध्यरेखीय क्षेत्र में पिछले 1,35,000 वर्षों में सतही समुद्री जल के तापमान में हुए परिवर्तनों का पता लगाया गया है।

विधि

इस अध्ययन के लिए हिन्द महासागर के भूमध्यरेखीय क्षेत्र से एक कोर निकाली गई थी। यह कोर 2° 40° उत्तरी अक्षांश एवं 78° देशान्तर पर 3500 मी. की गहराई से निकाली गई (चित्र 1)। यह कोर लगभग 588 सेमी. लम्बी थी। इसके ऊपरी 270 सेमी. भाग का उपयोग इस अध्ययन के लिए किया गया। यह कार्य भारत सरकार के पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के वित्तीय सहयोग से किया गया था। इस कोर को 2 सेमी. के हिस्सों में बांटा गया था। इन सभी हिस्सों को प्रयोगशाला में ले जाकर संवर्धित किया गया जिससे इनमें से सूक्ष्मजीवाश्म फोरामिनिफेरा को निकाला जा सके। संवर्धित होने के बाद इन सभी 2 सेमी. बड़े भागों में से प्लावक फोरामिनिफेरा की एक प्रजाति ग्लोबिजेरिनोइड्स रूबर के लगभग 50–60 नमूनों को निकाला गया। इन नमूनों को फिर Mg/Ca अनुपात अध्ययन के लिये विशेषतौर पर विकसित की गई विधि से संवर्धित किया गया। इस विधि में बहुत सारे उपाय शामिल होते हैं और हर कदम पर अत्यंत सावधानी की आवश्यकता होती है। इस संवर्धन का मुख्य उद्देश्य इन फोरामिनिफेरा से Mg/Ca अनुपात को प्रभावित करने वाले अनावश्यक तत्वों को निकालना था। पूरी तरह से संवर्धित नमूनों को Mg/Ca अनुपात, इन्डक्टिवली कपल्ड प्लाज्मा एटमिक एमिशन स्पेक्ट्रोमीटर की सहायता से मापा गया। इस Mg/Ca अनुपात को समुद्री जल के तापमान में बदलने के लिए डेकन्स एवं अन्य (2002) द्वारा विकसित समीकरण का प्रयोग किया गया। कोर के विभिन्न भागों की आयु का पता लगाने के लिये कुछ नमूनों की एक्सीलरेटर

मास स्पेक्ट्रोमीटर रेडियोकार्बन विधि द्वारा आयु मापी गई। इस विधि द्वारा पिछले 40000 वर्ष पुराने अवसादों की आयु का पता लगाया गया। लेकिन कोर का एक बड़ा हिस्सा 40000 वर्षों से भी पुराना था। इसके लिए फोरामिनिफेरा के ही स्थिर ऑक्सीजन समस्थानिक अनुपात का प्रयोग किया गया। कोर के विभिन्न भागों से लिए गए फोरामिनिफेरा के स्थिर ऑक्सीजन समस्थानिकों के अनुपात के बैसीनोट एवं अन्य (1994) द्वारा विकसित मानक वक्र (curve) से तुलना कर कोर के 40000 वर्षों से पुराने भाग के जीवनकाल का पता लगाया गया।

परिणाम

विभिन्न विधियों का प्रयोग कर अवसादों की आयु लगभग 1,35,000 वर्ष निर्धारित की गई। इस अध्ययन से पता चलता है कि पिछले अधिकतम हिमकाल में हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल का तापमान आज की तुलना में लगभग 2^0 सेल्शियस कम था (चित्र 2)। इसके अलावा पिछले पूरे हिमकाल में तीन और अवधियों (31000 वर्ष, 43000 वर्ष, 65000 वर्ष) में भी इतने ही कम तापमान का पता चला है। इस अध्ययन की एक महत्वपूर्ण खोज है हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल के तापमान का लगभग 1,23,000 वर्ष पहले आज की तुलना में 1^oसेल्शियस अधिक होना। इसके अलावा हिमकाल के अंतिम वर्षों से उष्णकाल में परिवर्तन के समय समुद्री सतही जल के तापमान में किसी कमी के न होने का भी पता चलता है। यह पिछले हिमकाल से उष्णकाल में परिवर्तन से अलग है क्योंकि इस परिवर्तन के बीच में तापमान एक बार फिर से कम होने का पता चलता है। हालांकि इस पिछले हिमकाल से उष्णकाल में परिवर्तन के बीच में तापमान कम होने का भी बहुत स्पष्ट प्रमाण नहीं मिलता। इसका कारण नमूनों का विघटन होना है जिसमें कम समय के लिए हुए परिवर्तन भली प्रकार से परिलक्षित नहीं होते।

विवेचना

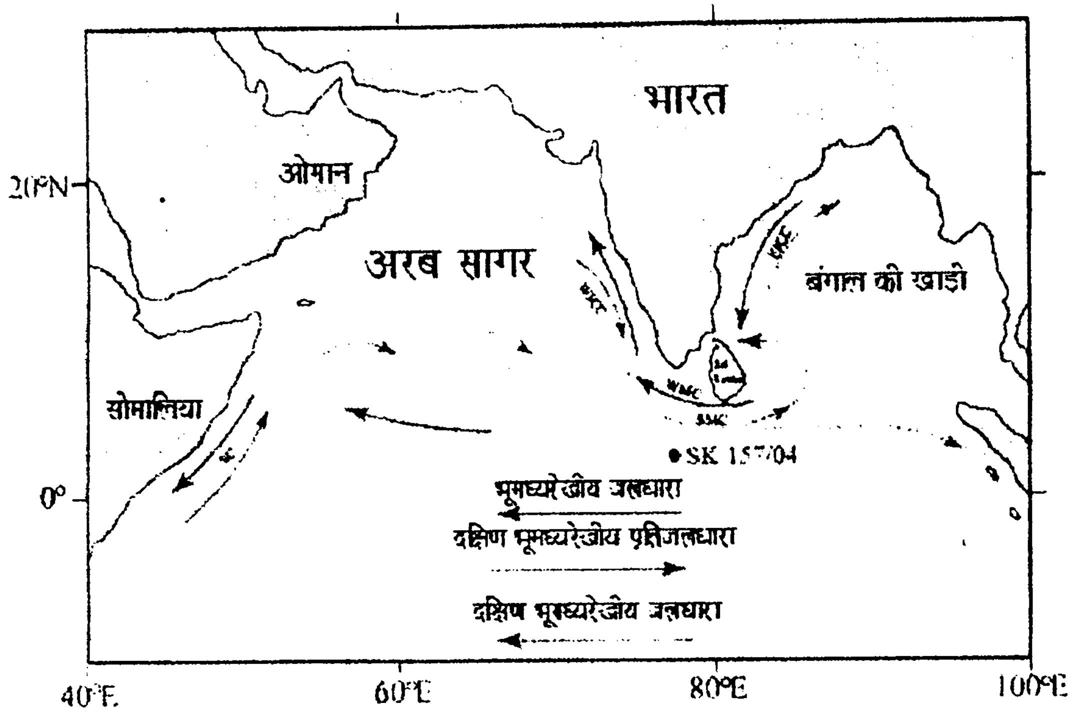
समुद्री सतही जल के तापमान में आये थोड़े से परिवर्तन से जलवायु, खासकर मानसून की प्रबलता एवं वितरण में अनेक बदलाव आ जाते हैं। इसलिए किसी भी वर्ष में मानसून एवं जलवायु की भविष्यवाणी के लिए समुद्री सतही जल के तापमान का पता लगाना आवश्यक है। समुद्री सतही जल का तापमान, सौर विकरण की मात्रा, समुद्र के गहरे ठंडे जल के सतह पर आने एवं मौसमी हवाओं द्वारा समुद्री जल का विभिन्न दिशाओं में संचार करने पर निर्भर करता है। भूमध्यरेखीय हिन्द महासागर के सतही जल का तापमान पूर्व दिशा से पश्चिम दिशा में कम होता जाता है जो कि अन्य महासागरों से विपरीत है। इसीलिए भूमध्यरेखीय हिन्द महासागर के समुद्री जल के तापमान एवं इसको प्रभावित करने वाले कारकों का पता लगाना आवश्यक है।

इससे पहले हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल के तापमान में पुरातन काल में आये परिवर्तनों का कई विधियों द्वारा पता लगाने के प्रयास किए गए हैं। इन विधियों में प्लावक फोरामिनिफेरा की प्रजातियों की संख्या, मूंगों की रासायनिक संरचना एवं उनकी संख्या, अल्कीनोन का अनुपात, इत्यादि शामिल हैं। इन विधियों से प्राप्त परिणामों में काफी अन्तर है। इसलिए इस अध्ययन में समुद्री सतही जल के तापमान का पता लगाने के लिए अभी हाल ही में विकसित तकनीक का प्रयोग किया गया है। इस विधि द्वारा प्राप्त परिणाम कुछ अन्य विधियों जैसे मूंगों की रासायनिक संरचना एवं अल्कीनोन अनुपात से प्राप्त परिणामों से बहुत अलग है। इस विधि से प्राप्त पिछले लगभग 1,35,000 वर्ष के भूमध्य रेखीय हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल के तापमान की ध्रुवीय तापमान से तुलना करने पर बहुत सी समानताएं मिलती हैं। लगभग 1,23,000 वर्ष पूर्व वर्तमान से भी अधिक तापमान, इन ध्रुवीय तापमान प्रमाणों में भी दिखाई देता है। इसके अलावा हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल के तापमान में पिछले 1,23,000 वर्षों में आये मुख्य–मुख्य

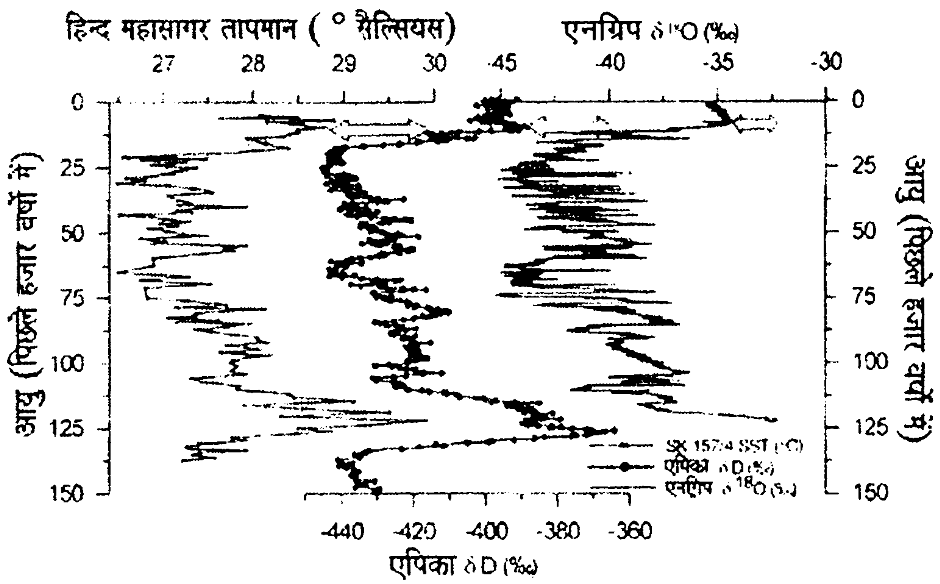
सभी बदलाव ध्रुवीय तापमान परिवर्तनों में भी दिखायी देते हैं। इस अध्ययन से पिछले 1,35,000 वर्षों में इस क्षेत्र में मानसून की प्रबलता में आये परिवर्तनों के कारणों का पता चलता है। पिछले हिमकाल में भूमध्य रेखीय हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल के तापमान में आयी कमी के कारण मानसून की प्रबलता कम हुई थी जिसका प्रमाण कई और अध्ययनों से भी मिलता है। हालांकि इस अध्ययन से हिन्द महासागर के सतही समुद्री जल के तापमान एवं ध्रुवीय तापमान में पारस्परिक संबंध का पता चलता है लेकिन अन्य विस्तृत अध्ययनों की आवश्यकता है।

निष्कर्ष

भूमध्यरेखीय हिन्द महासागर से लिए प्लावक फोरामिनिफेरा के Mg/Ca अनुपात के अध्ययन से पता चलता है कि इस क्षेत्र का तापमान पिछले अधिकतम हिमकाल के समय लगभग 2° सेल्शियस कम था। इसके अलावा पिछले पूरे हिमकाल में अधिकतम हिमकाल के समान कम तापमान, तीन और अवधियों में भी था। वर्तमान से लगभग 1,23,000 वर्ष पूर्व हिन्द महासागरीय सतही समुद्री जल का तापमान आज की तुलना में 1° सेल्शियस अधिक था। पिछले 1,35,000 वर्षों के हिन्द महासागरीय सतही समुद्री जल के तापमान एवं ध्रुवीय तापमान में बहुत समानताएं हैं।



चित्र संख्या 1 कोर एवं अध्ययन क्षेत्र में विभिन्न जलधाराओं की स्थिति



चित्र संख्या 2 भूमध्य रेखीय हिन्द महासागरीय सतही समुद्री जल का तापमान एवं उत्तरी (एनग्रिप) तथा दक्षिणी (एपिका) ध्रुवीय तापमान में पिछले 1,35,000 वर्षों में आये परिवर्तन