भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 18 अंक 2 दिसम्बर 2010 पृ. 168-174

इन्सेट-3ए-सीसीडी सुदूर संवेदन द्वारा वायुमण्डलीय विक्षोभ (आंधी) का अध्ययन

निवेदिता साँवलानी एवं प्रकाश चौहान
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद - 380 015 (गुजरात)

सारांश : तेज वायु का प्रवाह भूतल की धूल, मिट्टी व वालू आदि अपने साथ उड़ाकर वायुमण्डल में आच्छादित तेज आंधी के रूप में परिवर्तित हो जाता है और सम्पूर्ण स्थानीय दृश्य को धूमिल कर देता है। इससे एरोसोल ऑप्टिकल डेप्थ-ए.ओ.डी. ($\hat{o}_\alpha$) में वृद्धि, एंगस्ट्रॉम एक्सपोनेन्ट (α) में गिरावट होती है। अतः दृश्यता बाधित होकर लगभग शून्य के स्तर की हो जाती है। मोडिस एवं अन्य उपग्रह संग्रहों से प्राप्त आंकड़ों के पूर्वाध्ययन द्वारा हम उपग्रह से प्राप्त प्रतिबिम्बों के निरीक्षण से धूल की आंधी की जांच तथा उसके संचालन की प्रक्रिया के स्वरूप को परख सकते हैं। इस गतिशील प्राकृतिक घटना को समझने के लिये भूस्थलीय कक्षा अधिक अनुकूल है। यह अध्ययन धूल भरी आंधी के लक्षणों एवं उसके परिवहन को समझने के लिये इन्सेट-3ए-सीसीडी द्वारा प्रति घंटा प्राप्त आंकड़ों के आंकलन पर आधारित है। उत्तरीय अरब सागर में 15-16 अक्तूबर 2008 के दौरान आई आंधी के लिये इन्सेट-3ए-सीसीडी द्वारा प्राप्त आंकड़ों $\hat{o}_\alpha$(550nm) एवं $\hat{o}_\alpha$(810nm) तथा α(810/550nm) का आंकलन किया गया है। धूल की इस आंधी के कारण $\hat{o}_\alpha$(550nm) में 150 से 300% की वृद्धि एवं α(810/550nm) के प्रमाण में 50 से 60% की गिरावट दर्ज की गई। इस विश्लेषण द्वारा औसत $\hat{o}_\alpha$(550nm) 1.03 एवं α(810/550nm) 0.2 दर्ज किये गये हैं। तुलनात्मक दृष्टि से धूल रहित स्वच्छ दिनों में $\hat{o}_\alpha$(550nm) 0.33 व α(810/550nm) 0.4 पाया गया। इन आँधियों के दौरान $\hat{o}_\alpha$(550nm) के दैनिक बदलाव की गति तेज होने तथा सुबह से दोपहर तक 50% की वृद्धि व दोपहर बाद संध्या तक 33% की गिरावट पायी गयी। इनसेट से प्राप्त $\hat{o}_\alpha$(550nm) एवं α(810/550nm) के चित्रों/दृश्यों की तुलना मोडिस संवेदक द्वारा प्राप्त $\hat{o}_\alpha$(550nm) एवं α(865/550nm) के चित्रों/दृश्यों से भी की गई है। दोनों संवेदकों से प्राप्त $\hat{o}_\alpha$ एवं α में परस्पर अच्छा सामंजस्य पाया गया। इन आँधियों का स्रोत पता लगाने के लिये क्विकस्कैट स्कैट्रोमीटर द्वारा हवा की दिशा के आँकड़े प्राप्त कर हवा के बहाव के पथ का बैक ट्रैजेक्टरी विश्लेषण किया गया है। बैक ट्रैजेक्टरी विश्लेषण से पता चला कि ये आँधियां अफगानिस्तान तथा पाकिस्तान के रेगिस्तानी क्षेत्रों से उठीं और अरब सागर की दिशा में प्रवाहित होकर ओमान तट तक जा पहुंचीं।

Dust storm detection and monitoring using multi-temporal Insat-3A-CCD data

Nivedita Sanwlani & Prakash Chauhan
Space Applications Centre, (ISRO), Ahmedabad-380015 (Gujarat)

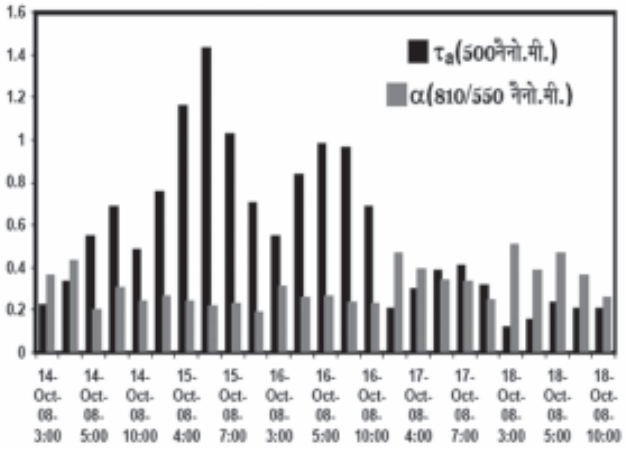
Abstract

Sand and dust on being agitated up by winds often trigger huge dust storms and cause conditions of near-zero visibility. The local climatic conditions get altered by the airborne particles, from dust storms, by intercepting sunlight and modifying the energy budget through their ensuing behaviour of cooling and heating of the atmosphere. It is, therefore, essential to evolve proficiency in monitoring dust storms and predicting their evolution. Many studies using MODIS and other satellite data sets have shown importance of satellite imagery to detect and monitor the dust storms. However, the geostationary platform is the most suitable one to study the dynamics behaviour of such events. In the present study we have used INSAT-3A-CCD data to characterize a massive dust storm event occurred during October 15-16, 2008 over the northern Arabian Sea. The dust storm generated by strong winds lifts particles of dust or sand into air and is characterized by high Aerosol Optical Depth (AOD), lower angstrom exponent (α) along with near zero visibility condition. Multi temporal INSAT–3A–CCD data for every hour have been used to study the characteristics and transport of this dust storm event. AOD and α estimation were carried out and estimated AOD and α were also compared with MODIS derived AOD at 550nm and α (550/865). Air mass back-trajectory analysis was also conducted, along with the Quickscat scatterometer derived wind vector data, to identify potential source regions of these aerosols. An increase of the AOD values by 150-300% and simultaneous decrease of the angstrom exponent by 50 to 60 % was observed for dust-affected regions. Average AOD at 550nm was found to be 1.03, whereas, angstrom exponent was found to be 0.26 in comparison to AOD (550nm) of 0.33 and α of 0.4 during non-dust days. Higher AOD associated with lower angstrom exponents typically signifies presence of larger particles. Diurnal variations in AOD were also noticed an increment during dust storm, with 50% increase from morning to noon and 33% fall from afternoon to evening in the AOD at 550nm. Back trajectory analysis indicated that the dust was generated from the desert regions of Afghanistan and Pakistan and migrated towards the Arabian Sea.

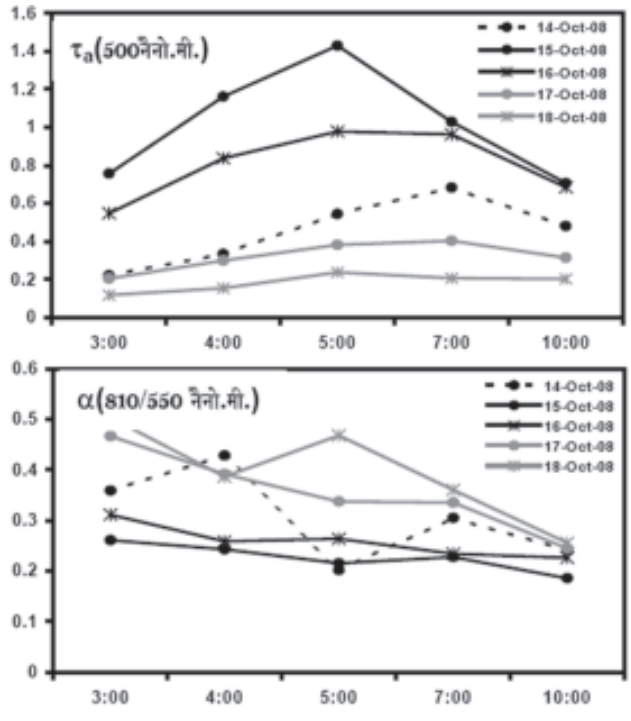
प्रस्तावना

उप-उष्णकटिबन्धी अक्षांश के रण प्रदेश में धूल एवं रेतीली आँधियों जैसी प्राकृतिक घटनाएं प्रायः होती रहती हैं। प्राचीन काल से रण प्रदेश का अस्तित्व तथा अत्यधिक फैलाव आँधियों का महत्वपूर्ण कारण रहा है। लेकिन वर्तमान में मनुष्य द्वारा की गई आधुनिकीकरण की चेष्टाओं के कारण पूर्व स्थित स्थिर रण प्रदेश भी अब रण प्रदेश में परिवर्तित होने लगे हैं। जंगलों का नाश एवं कर्षण इन्हीं आधुनिकीकरण प्रयासों से बढ़ने लगा है। इसी कारण पिछले दशक में आँधियों में काफी वृद्धि हुई है। आँधी, धूल एवं रेतीली तेज हवा से उत्तेजित होकर बनती हैं जिसके फलस्वरूप दृश्यता की परिस्थिति बाधित होकर लगभग शून्य अवस्था तक पहुंच जाती है। आँधी से उत्तेजित हुए धूल एवं रेती के साथ पाए जाने वाले तत्व स्थानीय जलवायु को भी प्रभावित कर देते हैं। ये तत्व सूर्य की किरणों में बाधा बनकर उसके ऊर्जा बजट को भी परिवर्तित कर वातावरण को उष्ण अथवा शीतल बनाते हैं[1]। वायुमंडल में उपस्थित धूल की इस सोख लेने वाली परत से प्रवेशी सूर्य लघु विकिरण में भारी कमी हो जाती है तथा भूतलीय ऊर्जा का संतुलन बिगड़ जाता है। सामान्यतः वायुमंडल में उपस्थित धूल की परत में उष्णता एवं निचले हिस्से और पृथ्वी के धरातल के समीप के हिस्सों में अपेक्षाकृत शीतलता पायी जाती है (वायुमंडलीय उष्णता दर 2ºC प्रतिदिन एवं भू-स्थलीय शीतलता दर 10-15ºC प्रतिदिन)। हालांकि समस्त वातावरण में शीतलता का ही प्रवाह होता है[2]। धूल व आँधी से मूलभूत वानस्पतिक व खनिज पदार्थों पर प्रतिकूल प्रभाव के कारण मिट्टी का उपजाऊपन भी पर्यावरण परवालंबी हो जाता है। फलस्वरूप कृषि उत्पादकता का ह्रास होने लगता है। दूसरी तरफ यही खनिज तत्व, महासागर एवं संबंधित पर्यावरण परवालंबन से पुष्टिदायक बनकर कई सूक्ष्म पुष्टिकारक तत्वों की आपूर्ति के महत्वपूर्ण स्रोत की भूमिका अदा करते हैं। मरूतत्व में पाया जाने वाला लौह खनिज महासागर के लिए उपयोगी व पुष्टिकारक होता है और महासागर की प्राथमिक उत्पादकता को बढ़ाने में सहायक सिद्ध होता है।

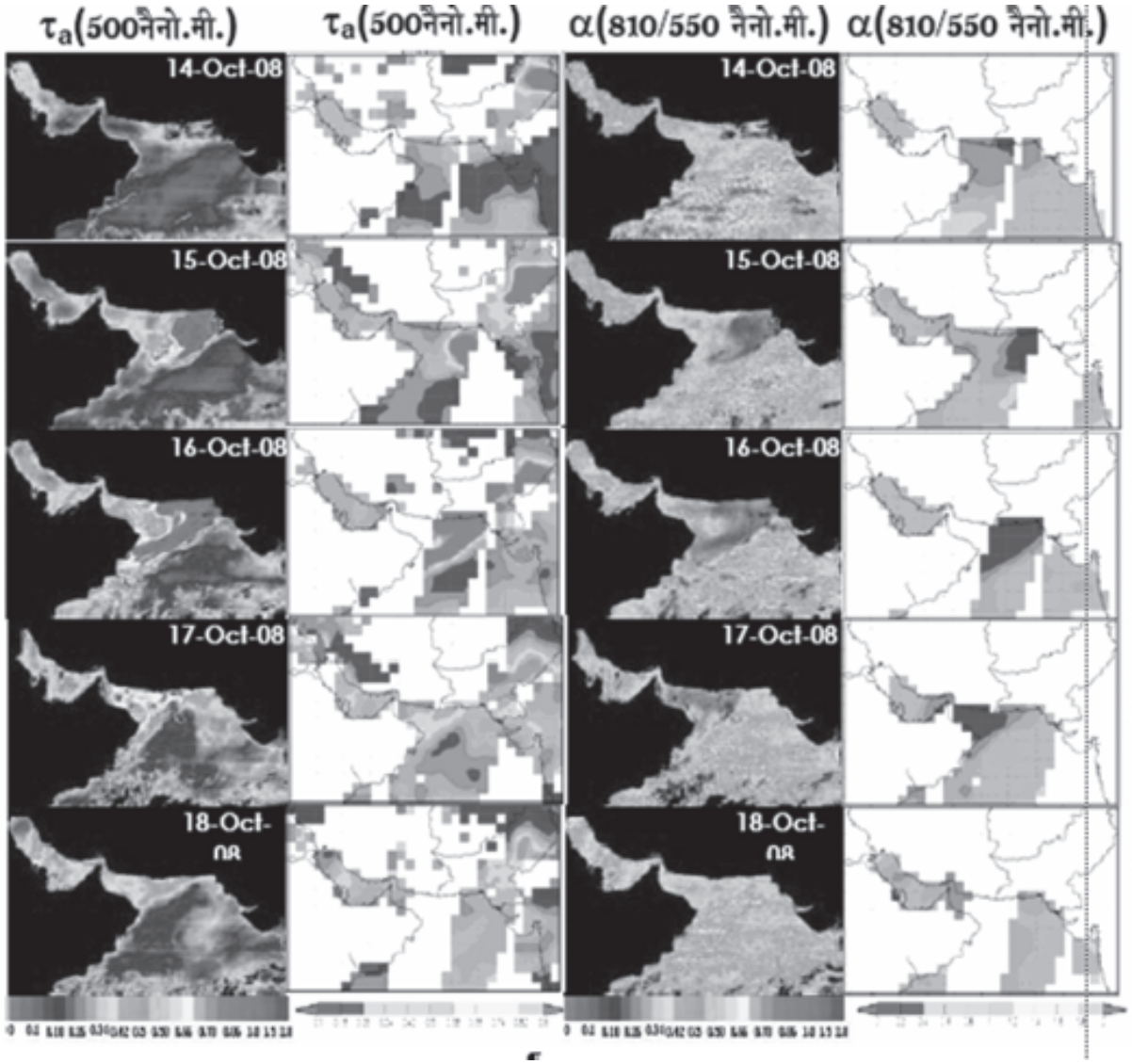
धूल भरी आँधी के लक्षणों का बादलों के लक्षणों के समांतर होना, धूल भरी आँधी की जांच एवं उसके संचालन को कठिन बना देता है। अतः इस तरह की आँधी के संचालन एवं उसकी उत्पादकता के अध्ययन के लिए अधिक निपुणता का होना आवश्यक है। पूर्व अनुसंधानों से ज्ञात हुआ है कि एशिया से धूल का परिवहन संभवतः प्रशांत महासागर के उस पार भी पहुंच सकता है[3]। इसी क्रम में अन्तर्राष्ट्रीय सहयोग कार्यक्रम जैसे ऐरोसोल कैरेक्टराइजेशन एक्सपेरिमेंट - एसीई एशिया (Aerosol Characterisation Experiment-ACE Asia) एवं एशियन डस्ट नेटवर्क - एड नेट स्थापित किये गये[4,5]। बड़ी ही निपुणता से बहुउपग्रहीय संग्रह के उपयोग से भी आँधी की जांच की गई[6]। यह अवलोकन भी किया गया है कि चमकीले तापमान का अंतर 11μm और 12μm के बीच धूल



चित्र 1 — इन्सेट से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) का सामयिक व्यवहार



चित्र 2 — इन्सेट से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) का दैनिक व्यवहार



चित्र 3 — इन्सेट से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/50nm) तथा मोडिस प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(865/550nm) का तुलनात्मक स्थानीय विवरण

भरी आंधी के लिए नकारात्मक है। कुछ शोधकर्त्ताओं ने 0.469μm और 2013μm तरंग पट्टी का उपयोग धूल भरी आंधी का पता लगाने के लिए किया था[7]।

परन्तु अध्ययन में 15-16 अक्तूबर 2008 को अरब सागर में आयी भारी धूल भरी आँधी का वैज्ञानिक अन्वेषण बहु सामयिक इन्सेट-3ए-सीसीडी द्वारा प्राप्त आंकड़ों के आंकलन से किया गया था। 36000km की ऊंचाई पर स्थापित, 1km स्थानीय विभेदन की क्षमता वाले भू-स्थलीय इन्सेट-3ए-सीसीडी कैमरा में दृश्य तरंग पट्टी (0.63μm - 0.69μm), निकट अवरक्त तरंग पट्टी (0.77μm - 0.86μm) एवं लघु तरंग अवरक्त पट्टी (1.55μm - 1.69μm) निर्धारित की गयी थीं।

भू-स्थलीय उपग्रह से पृथ्वी एवं वायुमण्डल के विस्तृत क्षेत्र का निरन्तरता से अध्ययन किया जा सकता है जिससे हमें प्राकृतिक घटनाक्रमों की तुरंत सूचना प्राप्त होती है। इसकी प्रमाणिकता हमें धूल की आँधी के संचालन, उसकी तीव्रता के स्तर एवं उसके प्रगति पथ की जानकारी प्राप्त करने में सहायक होती है। प्रस्तुत अन्वेषण में बहु सामयिक इन्सेट-3ए-सीसीडी से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) का आकलन किया गया तथा इनसे प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) की तुलना मोडिस से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं

α(810/550nm) से भी की गई है। इन आंधियों के अनुमानित स्रोत का पता लगाने के लिए क्विकस्कैट स्कैट्रोमीटर द्वारा हवा की दिशा के आंकड़े प्राप्त कर हवा के बहाव के पथ के वायु मार्ग का बैक ट्रैजेक्टरी विश्लेषण किया गया है।

सामग्री एवं विधि

उपग्रहों से प्राप्त आंकड़ों को वायुमंडल की ऊपरी सीमा पर प्राप्त विकिरण में अंशाकंन गुणांक द्वारा परिवर्तित किया गया। तत्पश्चात् भूमि एवं बादलों के विकिरण को इस दृश्य से विभाजित किया ताकि हमें केवल समुद्री जानकारी हासिल हो। वायुमंडल की ऊपरी सीमा पर उपलब्ध λi केन्द्रित विकिरण को समुद्र से उत्पादित झाग रहित एवं सूर्य की चमचमाहट से रहित माना गया है जिसकी निम्नलिखित समीकरण से व्याख्या संभव है[8]।

$L_t(\lambda) = L_a(\lambda) + L_r(\lambda) + t_d(\lambda).\ L_w(\lambda)$ (1)

$L_t(\lambda_i) = \lambda i$ पर केन्द्रित उपग्रह मापित विकिरण

$L_a(\lambda_i) = \lambda i$ कणों से अवशोषित कण पथ विकिरण

$L_r(\lambda_i) = \lambda i$ रेले द्वारा सुझाए गए बिखरने की प्रक्रिया संबंधी रेले विकिरण

$L_w(\lambda_i) = \lambda i$ पानी के अणु से प्रभावित पानी से उत्पन्न विकिरण

$t_d(\lambda_i) = \lambda i$ वायुमंडलीय विस्तृत पारगम्यता

यह माना जा सकता है कि 700nm से सामान्य और अधिक की तरंगों पर पानी से उत्पन्न विकिरण प्राप्त नहीं होता है। अतः मापित विकिरण केवल कण तथा रेले द्वारा उत्पन्न विकिरण को दर्शाता है। रेले विकरण को निम्नलिखित समीकरण से प्रदर्शित किया जाता है।

$$L_r(810nm) = F_o.\omega_{or}\ \hat{o}_r.p_r/4\prod\cos\theta_v \quad (2)$$

जहां ω_{or} = एकांकी प्रतिबिम्बित है जो रेले प्रक्रिया के लिए उपयुक्त है। यहां यह 1 माना गया है।

$\hat{o}_r$ = रेले प्रकाश गहराई

θ_v = सूर्य शिरोबिन्दु कोण

p_r = रेले कला फलन

F_o = वायुमण्डल के ऊपर सूर्य प्रकाश की मात्रा

अतः रेले विकिरण को मापित विकिरण में से घटा देने से कण विकिरण की प्राप्ति होती है।

$$L_a(810nm) = L_t(810nm) - L_r(810nm) \quad (3)$$

τ_a (810nm) को निम्नलिखित समीकरण से प्रदर्शित कर सकते हैं।

$$\tau_a(810) = \left(\frac{L_t(810\ \text{nm}) - L_r(810\ \text{nm})}{F_0 / p_a \cdot 4\pi \cos\theta_v} \right) \quad (4)$$

pa =हेन्येय ग्रीनस्टेन कला फलन माना गया है।

τ_a (550nm) पाने के लिए τ_a (810nm) का वहिर्वेशन किया गया है जो कि निम्नलिखित समीकरण से प्रदर्शित कर सकते हैं।

$$\tau_a(550\ \text{nm}) = \tau_a(810\ \text{nm}) \left(\frac{810}{550} \right)^{-a} \quad (5)$$

जहां

$$\alpha\left(\frac{810\ \text{nm}}{675\ \text{nm}} \right) = \frac{\ln[t_a(675\ \text{nm})] - \ln[\tau_a(810\ \text{nm})]}{\ln(810\ \text{nm}) - \ln(675\ \text{nm})} \quad (6)$$

इन्सेट प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) के चित्रों/दृश्यों की तुलना मोडिस से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(865/550nm) के चित्रों/दृश्यों से की गई।

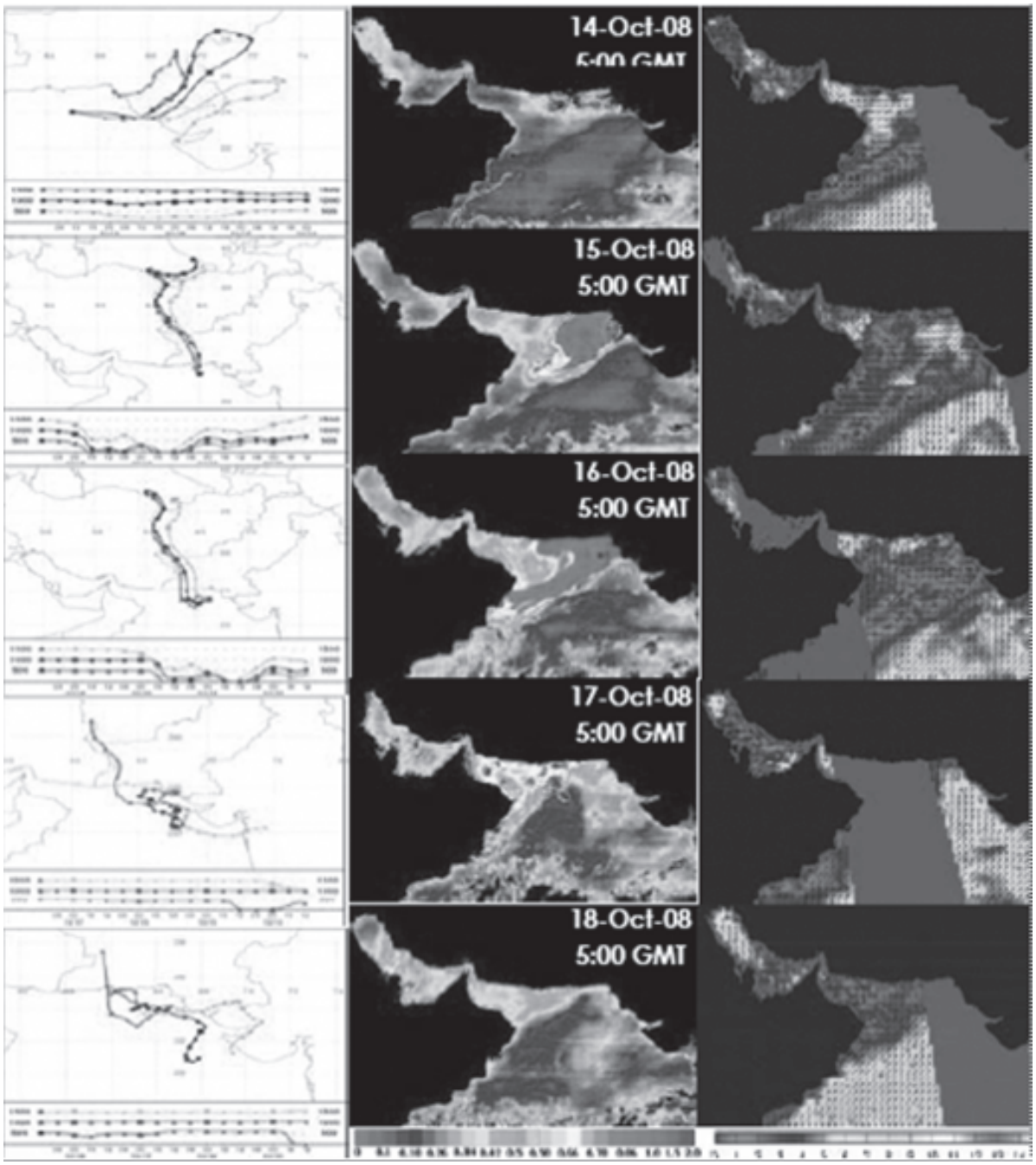
परिणाम एवं विवेचना

$\hat{o}_a$ तथा α का संबंध निम्नलिखित समीकरण से समझाया गया है[9]।

$$\hat{o}_a(\lambda) = \beta^* \lambda^{-a} \quad (7)$$

एओडी की अधिक माप सूर्य विकिरण की समाप्ति को दर्शाता है जिसकी समाप्ति कण विकिरण के विकृति एवं उसके अवशोषण के कारण होती है। वायुमंडल में फैले हुए कणों का यह माप हमें एओडी का औसतन वर्णक्रमीय स्वभाव दर्शाता है। अधिक α हमें महीन कणों की उपस्थिति एवं एओडी में अधिक प्रबल वर्णक्रमीय विभिन्नता की प्रबलता बताता है।

15-16 अक्तूबर 2008 की धूल क्रिया के औसत $\hat{o}_a$ (550nm) 1.037 एवं 0.97 दर्ज किये गए व औसत α(810/550nm) 0.24 एवं 0.28 दर्ज किये गए। औसत $\hat{o}_a$(550nm) के मूल्य 14 अक्तूबर 2008 को 0.27, 17 अक्तूबर 2008 को 0.42 तथा 18 अक्तूबर 2008 को 0.31 पाए गए। निरीक्षण से इस धूल भरी आँधी में औसत $\hat{o}_a$(550 nm) और ôa(810nm) में 0.4 से बढ़कर 1.0 की उल्लेखनीय वृद्धि प्रतीत हुई है और साथ ही साथ वर्णक्रमीय निर्भरता



चित्र 4 — 14-18 अक्तूबर 2008 के लिए बैक्ट्रेजेक्ट्री विश्लेषण (पहला), इन्सेट से प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) (दूसरा) तथा क्विकस्कैट स्कैट्रोमीटर से प्राप्त विन्ड वेक्टर (तीसरा) बिम्ब

में प्रभावी कमी तथा α के प्रति अति संवेदनशीलता भी प्रदर्शित हुई। परिणामस्वरूप धूल की इस क्रिया के दौरान $\alpha < 0.26$ से नीचे पाया गया। $\hat{o}_a$(550nm) और α(810/550nm) का यह दृश्य चित्र 1 में दर्शाया गया है। धूल की इस आँधी के दौरान $\hat{o}_a$(550nm) के प्रमाण में 150% से 300% की बढ़ोत्तरी एवं α(810/550nm) में 50% से 60% की कमी पायी गयी है जो कि चित्र 1 में स्पष्ट है। α के इस तरह अत्यधिक तेजी से घटने के कारण वायुमंडलीय कणों की सोख लेने वाली परत से दृश्य तरंग पट्टी एवं नजदीकी अवरक्त तरंग पट्टी में प्रवेशी सूर्य विकिरण में भारी मात्रा

की कमी मानी जा सकती है जो α के मूल्य को निम्नस्तरीय और नकारात्मक बना देती है। कुछ शोधकर्त्ताओं ने मरूस्थल में आँधी के दौरान α में 1.5 से 0.14 की गिरावट और $\hat{o}_a$(500nm) में 0.1 से 0.4 (300%) की वृद्धि का उल्लेख किया है[10]। $\hat{o}_a$ की मात्रा में वृद्धि और α में गिरावट की स्थिति वायुमंडल में अपेक्षाकृत विशाल आकार के कणों की उपस्थिति को दर्शाते हैं।

धूल भरी आँधियों के दौरान एओडी के दैनिक व्यवहार में परिवर्तन देशा गया जैसा कि चित्र 2 से स्पष्ट है। प्रातःकालीन समय में एओडी की मात्रा दोपहर की तुलना में कम पायी गयी। प्रदूषण जनित उत्सर्जन द्वारा दोपहर में एओडी की मात्रा अधिकतम पायी गयी। यह विकिरण और ऊष्मा संवहिनी धाराओं के प्रभाव के कारण दोपहर बाद के समय वातावरण में फंसे प्रदूषण तत्वों के उन्मुक्त परिवहन की चेष्टासे प्रभावित होकर एओडी में कमी लाती है। औसतन ôa(550nm) में प्रातःकाल से दोपहर तक 50% की वृद्धि तथा दोपहर बाद से संध्या काल तक 33% की कमी धूल प्रभावित दिनों में दर्ज की गयी। धूल रहित स्वच्छ वातावरण में इस $\hat{o}_a$(550nm) का औसत मूल्य प्रातःकाल से दोपहर तक 20% की वृद्धि तथा दोपहर बाद संध्या तक 30% की कमी के स्तर पर रहता है।

समग्र अरब सागर के क्रमिक $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) के दृश्यों का संग्रह चित्र 3 में दर्शाया गया है। इसके साथ ही इन्सेट-3ए-सीसीडी द्वारा प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) और α(810/550nm) तथा मोडिस प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) और α(810/550nm) की तुलना भी प्रदर्शित की गयी है। मोडिस द्वारा प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) में 0.5 से 0.9 का परिवर्तन पाया गया और α(810/550nm) में 0.1 से 0.6 तक का परिवर्तन दर्ज किया गया।

वायु प्रक्षेपण पथ के निरीक्षण से संभावी स्रोत क्षेत्र को निर्दिष्ट कर पाना संभव है। इसमें वायु के ऐसे समूह के परिचालन के स्रोत क्षेत्रों की उच्चस्तरीय संघटित अवस्था को विशिष्ट स्रोत श्रेणी से तुलना करके निर्दिष्ट किया जाता है। इसे एयर मास बैकट्रेजेक्ट्री एनालिसिस कहते हैं जिसका उपयोग हमारे अध्ययन के लिए आँधी के स्रोत की जानकारी प्राप्त करने के लिए किया गया। इसमें ऑनलाइन हाइब्रिड सिंगल पार्टिकल लैगरेन्जियन इन्टीग्रल के नेशनल ओशियेनिक एण्ड एयरमास फेरिक एडमिनिस्ट्रेशन के मॉडल का उपयोग किया गया। इस बैकट्रेजेक्ट्री निरीक्षण में निर्दिष्ट स्थल का पुननिरीक्षण पिछले 5 दिनों में 96 घंटों तक 1500, 1000 तथा 550 मीटर की ऊंचाइयों तक संभावित आइसोबेरिक तथा आइसेनट्रॉपिक अवस्थाओं का निरीक्षण किया जाता है। इस विश्लेषण से ज्ञात हुआ है कि अध्ययन से संबंधित आंधियां अफगानिस्तान तथा पाकिस्तान के क्षेत्रों से उठकर अरब सागर पर प्रभावित रहीं।

इससे पता चलता है कि आँधियां अफगानिस्तान व पाकिस्तान के रेगिस्तानी क्षेत्रों से प्रवाहित होकर पूर्वी अरब सागर से होती हुई ओमान तक पहुंचीं। धरातलीय वायु संचालन के आंकड़े के क्विकस्कैट स्केट्रोमीटर से ऑनलाइन वेबसाइट से प्राप्त किये गये हैं। क्विकस्कैट स्कैट्रोमीटर से प्राप्त विन्ड वेक्टर विम्ब 14-18 अक्तूबर 2008, बैकट्रेजेक्ट्री विश्लेषण तथा $\hat{o}_a$(550nm) चित्र 4 में प्रदर्शित किये गये हैं। वायु परिवहन की दिशा भी आँधी के परिवहन पथ के प्रस्तुतीकरण व प्रत्यक्ष निरीक्षण की पुष्टि करती है। इन सभी निरीक्षणों से यह सिद्ध होता है कि 36000 किमी. की ऊंचाई पर स्थित भूस्थलीय यंत्र इन्सेट न केवल मोडिस के समान एरोसोल के लक्षणों के बखूबी निरीक्षण में उपयोगी है बल्कि इस प्रकार की आँधियों का अन्वेषण व निरीक्षण अधिक सक्रिय रूप से करने में सक्षम है।

निष्कर्ष

15-16 अक्तूबर 2008 को उत्तरीय अरब सागर में आई धूल की आँधी के लिए बहु सामायिक इन्सेट 3ए सीसीडी द्वारा प्राप्त चित्रों/दृश्यों के संग्रह के उपयोग से $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) का हिसाब लगाया। इस निरीक्षण से यह स्पष्ट हुआ है कि धूल की इस आँधी ने $\hat{o}_a$(550nm) के प्रमाण में 150% से 300% की बढ़ोत्तरी तथा α(810/550 nm) में 50% से 60% की गिरावट करते हुए हवा में विस्तृत आकार के कणों को फैला दिया। औसत $\hat{o}_a$(550 nm) 1.03 एवं α(810/550nm) 0.26 दर्ज किया गया। इसकी तुलना में $\hat{o}_a$(550nm) 0.33 एवं α(810/550nm) 0.4 धूल रहित स्वच्छ दिनों में दर्ज किया गया। धूल भरी आँधियों के दौरान काफी दैनिक वायुमण्डलीय परिवर्तन देखा गया, जिससे $\hat{o}_a$(550nm) में प्रातःकाल से दोपहर तक 50% की वृद्धि प्रदर्शित हुई तथा दोपहर बाद से संध्या तक 33% की गिरावट दर्ज की गई। इनसेट द्वारा प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) के चित्रों/दृश्यों तथा मोडिस द्वारा प्राप्त $\hat{o}_a$(550nm) एवं α(810/550nm) के चित्रों/दृश्यों की तुलना किए जाने पर दोनों के परस्पर सही मेल का भी अवलोकन हुआ। बैक्ट्रेजेक्ट्री विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि धूल भरी आँधियां अफगानिस्तान व पाकिस्तान के रेगिस्तानी क्षेत्रों से प्रवाहित होकर पूर्वी अरब सागर से होती हुई ओमान तक

पहुंचीं। इन सभी निरीक्षणों से यह ज्ञात हुआ कि 36000km की ऊंचाई पर स्थापित, 1 किमी. भूस्थानीय विभेदन के क्षमता वाला इनसेट-3ए-सीसीडी नामक भूस्थलीय यंत्र न केवल एरोसोल का स्थानीय वितरण, बखूबी निरीक्षण एवं चित्रण करने में उपयोगी है बल्कि इस प्रकार की आँधियों का अन्वेषण व निरीक्षण और अधिक प्रभावशाली रूप से अध्ययन करने में सक्षम है।

आभार

यह अध्ययन भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन के मीटरोलॉजी एण्ड ओशियोग्राफी प्रोग्राम के अंतर्गत किया गया। समुद्रीय एवं तटीय पर्यावरण प्रभाग समद्रीय एवं भू-विज्ञान ग्रुप के प्रधान श्री आर. एम. द्विवेदी, समुद्रीय एवं भू-विज्ञान समूह के निदेशक डा. अजय, रिमोट सेन्सिंग एरिया के उप निदेशक डा. जे. एस. परिहार तथा अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद के निदेशक डा. आर.आर. नवलगुंद का उनके बहुमूल्य मार्गदर्शन, सहयोग व प्रोत्साहन के प्रति हार्दिक आभार प्रस्तुत करते हैं।

संदर्भ

1. मिलर आर एल एवं टेगेन आई, 'क्लाइमेट रेस्पांस टू सॉयल डस्ट एयरोसेल', *जर्नल क्लाइमेट,* **11** (1998) 3247-3267.
2. विलियम्स एम ए जे, इंटररेक्शन ऑफ डेज़रटिफिकेशन एंड क्लाइमेट : प्रेसेंट अंडरस्टेंडिंग एंड फ्यूचर रिसर्च इम्परेटिव्स *एरिड लैंड्स, न्यूज लेटर,* **49** (मई-जून), (2001).
3. हसर आर बी, ट्रैट डी एम, स्काइकटेल बी ए, फॉल्क एस आर, ली एफ, जैफ डी, गैसो एस, गिल टी, लोलाइनेन एन एस, लू एफ, रेहिस एम सी, चुन वाई, वेस्टफॉल डी, होलबेन बी एन, ग्यूमार्ड सी, मैककेंड्री आई, कुनिंग एन, फील्डमैन जी सी, मैककलेन सी, फ्रॉय आर जे, मैरिल जे, डयूबॉयस डी, विगनोला एफ, मुरायमा टी, निकोविक एस, विल्सन डब्ल्यू ई, सैसेन के, सुगिमोटो एन एवं माल्म डब्ल्यू सी, 'द एशियन डस्ट इवेंट्स ऑफ अप्रैल 1998, *जर्नल ऑफ जियोफिजिकल रिसर्च,* **106**, (2001) 18317-17ए 333.
4. बेट्स टी एस, क्वीन पी के, क्वॉफमैन डी जे, कवर्ट टी एल, मिलर जे ई, जॉनसन जी आर, कारमिकेल एस ए, गुआज़ोटी डी ए, सोडमेन के ए, प्राथर एम, रिवेरा एल एम, रुसेल एवं मेरिल जे टी, मेराइन बाउंड्री लेयर डस्ट एंड पॉल्यूशन ट्रांसपोर्ट एसोसिएटेड विद द पैसेज ऑफ ए फ्रॉन्ट्ल सिस्टम ओवर इस्टर्न एशिया, *जर्नल जियोफिज़िकल रिसर्च,* (2003).
5. मुरायमा टी, सुगीमोटो एन, यूनो आई, किनोशिता के, हगिवारा ल्यू जूड वाई, मत्सुई आई, सकाई टी, शिबाता टी, अराओ के, शॉन बी जे, वॉन जे जी, यून एस सी, ली टी, ज्वाउ जे, ह्यू एच एल, अबो एम, इयोकिब के, कोगा आर एवं इवास्का वाई, 'ग्राउन्ड बेस्ड नेटवर्क ऑब्सर्वेशन ऑफ एशिया डस्ट इवेंट्स ऑफ अप्रैल 1998 इन ईस्ट एशिया', *जर्नल ऑफ ज़ियोफिज़िकल रिसर्च,* **106** (2001) 18345-18359.
6. हेशम एम, अशकरे ई आई, सरकार सुदिप्ता, कैफटॉस मेनस, टारेक ए एवं ईआई-गज़ावी 'ए मल्टीसेंसर एप्रोच टू *डस्ट स्टॉर्म मॉनीटरिंग ओवर द नाइल डेल्टा',* आईईई ट्रांज़ेक्शन ऑन जियोसाइंस एंड रिमोट सेंसिंग, **41** (2003) 10.
7. क्यू जे जे, हाउ एक्स, क्वफाटोस एम एवं बांग एल, 'एशियन डस्ट स्टार्म मॉनीटरिंग कम्बाइनिंग टैरा एंड एक्वा मोडिस एसआरबी मेजरमेंट्स '*जियोसाइंस रिमोट सेंसिंग लेटर्स आईईई,* **3** (4) 2006, 484-486.
8. गॉर्डन एच आर, क्लार्क डी के, ब्राउन ओ बी, इवांस आर एच एवं ब्राइनको डब्ल्यू डब्ल्यू, फाइटोप्लेंक्टन पिगमेंट कनसंट्रेशन्स इन द मिडल एटलांटिक ब्राइटः कमपेरिज़न ऑफ शिप डिटरमिनेशन एंड सीजेडसीएस एस्टीमेट्स, *एप्लाइड ऑप्टिक्स,* **22** (1983) 20-36.
9. एन्गसट्रॉम ए, टेक्नीक्स ऑफ डिटरमाइनिंग द टर्बिडिटी ऑफ द एटमॉस्फियर, टेलस, **13** 214.
10. स्मिरनव ए, हॉलबेन बी एन, स्लटस्कर आई, वेल्टन ई जे, एवं फॉरमेंटी पी, ऑप्टिकल प्रॉपर्टीज़ ऑफ सहारन डस्ट डयूरिंग एसीई-2, *जे. जियोफिज़िकल रिसर्च,* **103** (1998) 28,079-28,092.